

# Fluglärm, Belästigung und Lebensqualität

Feldstudie (Querschnittsstudie) zum Einfluss von Fluglärm auf die Lärmbelästigung und Lebensqualität von Flughafenanrainern



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Fachbereich FB3: Humanwissenschaft,  
Institut für Psychologie  
der Technischen Universität Darmstadt

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat)

Kumulative Dissertation  
von Dirk Schreckenberg

Erstreferent: Prof. Dr. Joachim Vogt  
Korreferent: Prof. Wolfgang Ellermeier, Ph.D.

Darmstadt, 2018

---

---

**Schreckenberger, Dirk: Fluglärm, Belästigung und Lebensqualität**  
**Darmstadt, Technische Universität Darmstadt,**  
**Jahr der Veröffentlichung der Dissertation auf TUpriints: 2019**  
**URN: urn:nbn:de:tuda-tuprints-84369**  
**Tag der mündlichen Prüfung: 31.01.2019**

**Veröffentlicht unter CC BY-SA 4.0 International**  
**<https://creativecommons.org/licenses/>**

# Danksagung

Mein Dank gilt den vielen Menschen, die zum Entstehen dieser Arbeit beigetragen haben.

Prof. Dr. Joachim Vogt danke ich für die Ermutigung, meine Forschungsarbeiten zur RDF- und zur NORAH-Studie als Dissertation einzureichen, für seine geduldige und kompetente Betreuung als Erstreferent dieser Dissertation und seine stets hilfreichen Kommentare und Ratschläge.

Prof. Dr. Wolfgang Ellermeier danke ich für die Übernahme des Korreferats und für seine fachliche Unterstützung.

Meinen Kolleginnen und Kollegen, mit denen ich in der RDF-Studie zusammenarbeiten durfte, möchte ich danken. Das sind vor allem Dr. Markus Meis und Dr. Cara Kahl vom Hörzentrum Oldenburg, Prof. Dr. Frank Faulbaum und Lars Ninke von der Sozialwissenschaftlichen Umfragezentrum GmbH (SUZ), Duisburg, Kurt Müller, Wiesbaden, Dr. Henk Miedema und Dr. Henk Vos vom TNO, Niederlande, sowie Ute Felscher-Suhr, ehemalige Kollegin bei der ZEUS GmbH, und Christin Belke, geb. Peschel, ZEUS GmbH, Bochum/Hagen.

Ebenso bedanken möchte ich mich bei Prof. Dr. Thomas Eikmann, Prof. Dr. Caroline Herr und Anja zur Nieden vom Institut für Hygiene und Umweltmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen sowie bei Frau PD Dr. Ursel Heudorf vom Amt für Gesundheit der Stadt Frankfurt/Main, die ergänzende Analysen der RDF-Studiendaten zu den Gesundheitswirkungen des Fluglärms ermöglicht und gemeinsam mit mir durchgeführt haben.

Mein Dank gilt auch den Kolleginnen und Kollegen der NORAH-Studie. Dies sind Rüdiger Bartel, Christin Belke, geb. Peschel, Dr. Kirstin Bergström, Prof. Dr. Thomas Eikmann, Prof. Dr. Frank Faulbaum, Michael Gillé, Prof. Dr. Rainer Guski, Dr. Eva Haufe, Prof. Dr. Carolina Herr, Prof. Dr. Maria Klatte, Manfred Liepert, Dr. Markus Meis, Ulrich Möhler, Dr. Uwe Müller, Lars Ninke, Prof. Dr. Joachim Schmitt, Prof. Dr. Andreas Seidler, Jan Spilski, PD Dr. Enno Swart, Prof. Dr. Hajo Zeeb, Anja zur Nieden, Jödis Wothge und ihre jeweiligen Forschungs- und Fachteams.

Meinen aktuellen Kolleginnen und Kollegen von der ZEUS GmbH Christin Belke, Sarah Benz, Stephan Großarth, Julia Haubrich, Elisabeth Jenisch und Julia Kuhlmann möchte ich danken für ihre Geduld, die sie mit mir während der Fertigstellung dieser Dissertation hatten und für die Übernahme anderer von mir liegen gelassener Arbeiten.

All den Menschen, die in den RDF- und NORAH-Studien teilgenommen haben, danke ich für ihre Unterstützung. Ohne diese wären die zusammengetragenen Ergebnisse und schließlich diese Dissertation nicht zustande gekommen.

Dem Regionalen Dialogforum Flughafen Frankfurt (RDF), Bensheim, dem Forum Flughafen und Region (FFR), Kelsterbach, und deren Untergremien sowie dem Gemeinnützigen Umwelthaus GmbH, Kelsterbach, sei gedankt. Sie haben nicht nur zur Finanzierung der RDF- und NORAH-Studien beigetragen, sondern durch die konstruktiv-kritische Begleitung der Studien die Forschungsteams der RDF- und NORAH-Studien im besten Sinne herausgefordert, ihre Ergebnisse in Bezug auf ihre Auswirkungen auf die betroffenen Menschen und den beteiligten Institutionen zu hinterfragen. In gleicher Weise danke ich den Projektbeiräten bzw. der wissenschaftlichen externen wie internen Qualitätssicherung der RDF- und NORAH-Forschungsvorhaben für die wissenschaftliche Begleitung der jeweiligen Studie.

Prof. Dr. Rainer Guski und Dr. Rudolf Schümer haben mich vor über 20 Jahren zur Lärmwirkungsforschung gebracht und sich als meine Mentoren gegenseitig bestens darin ergänzt, mir das theoretische und methodische Rüstzeug für meine Arbeit auf diesem Gebiet mitzugeben. Für ihre fachliche Begleitung und menschliche Unterstützung möchte ich mich bedanken.

Meinen Eltern, Geschwistern und Freunden danke ich für ihren Rückhalt, Zuspruch und ihr Verständnis.

Mein ganz besonderer Dank gilt Gaby und Sarah. Ohne Eure Liebe, Eure Ermutigungen und die Geduld, die Ihr hattet, wenn Partner und Papa physisch und/oder geistig mal wieder abwesend war, wäre diese Dissertation nicht entstanden.

# Inhalt

Abbildungsverzeichnis .....	III
Tabellenverzeichnis .....	III
Zusammenfassung .....	1
Summary .....	5
Teil I. Synopsis .....	9
1 Einleitung .....	10
1.1 Aufgabenstellung .....	10
1.1 Aufbau der Dissertation .....	12
1.2 Gesundheitsbezogene Wirkungen von Fluglärm .....	13
1.2.1 Fluglärm – eine Stress erzeugende Umweltbelastung .....	13
1.2.2 Primäre, sekundäre und tertiäre Lärmwirkungen .....	15
1.2.3 Lärmbelästigung – eine zentrale psychologische Lärmwirkung .....	16
1.2.4 Kontext- und personenbezogene (nicht-akustische) Einflussgrößen .....	18
1.3 Stressbezogenes Rahmenmodell zur Wirkung von Fluglärm .....	21
1.4 Ziel, Fragestellungen dieser Arbeit .....	27
2 Die RDF-Studie als Datengrundlage dieser Arbeit .....	30
2.1 Chronologische Einordnung der RDF-Studie .....	30
2.2 Publikationen zur RDF-Studie .....	31
2.3 Von der RDF-Studie zur NORAH-Studie .....	32
2.4 Vorgehen in der RDF-Studie .....	33
2.4.1 Durchführung der Breitenerhebung .....	33
2.4.2 Durchführung der RDF-Vertiefungsstudie .....	39
2.4.3 Berechnung der akustischen Maße in der RDF-Studie .....	41
2.4.4 Untersuchungsvariablen der RDF-Studie .....	43
3 Zusammenfassende Diskussion .....	55
3.1 Zusammenfassung der Ergebnisse der Publikationsbeiträge .....	55

---

3.1.1	Ergebnisse Publikationsbeitrag I.....	55
3.1.2	Ergebnisse Publikationsbeitrag II.....	57
3.1.3	Zusammenfassung Publikationsbeitrag III.....	58
3.2	Diskussion.....	61
3.3	Ausblick.....	73
4	Literatur.....	77
Teil II. Publikationsbeiträge.....		87
Publikation I: Aircraft noise and quality of life around Frankfurt Airport .....		89
Publikation II: The associations between noise sensitivity, reported physical and mental health, perceived environmental quality, and noise annoyance .....		115
Publikation III: NORAH Study on Noise-Related Annoyance, Cognition and Health: a transportation noise effects monitoring program in Germany (2011) .....		127
Anhang .....		137

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.	Modell der Lärmbelästigung als Stressreaktion auf die externen Faktoren Geräuschbelastungen und Lärmmanagement nach Stallen (1999, Fig. 3, S. 75, übersetzt und im Layout überarbeitet).....	22
Abbildung 2.	Stressmodell zum Einfluss von Lärm auf gesundheitliche Beschwerden nach Van Kamp (1990, S. 151, im Layout überarbeitet). ....	23
Abbildung 3.	Rahmenmodell zur Wirkung von Fluglärm .....	25
Abbildung 4.	Untersuchungsdesign der Breitenerhebung (vgl. Schreckenberg & Meis, 2006, S. 19). ....	34
Abbildung 5.	Streudiagramm und quadratische Regression (schwarze Regressionskurve) zur Beziehung zwischen kalkulierten %HA-Werten aus 12 Fluglärmwirkungsstudien, dem $L_{den}$ , den generalisierten Expositions-Wirkungsfunktionen zum %HA-Anteil Fluglärmbelästigter nach Miedema & Oudshoorn (2001; rote Kurve) und Janssen & Vos (2009; grüne Kurve). (Quelle: Guski, Schreckenberg & Schuemer, 2017, Fig. 2) .....	62

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Anzahl der Flugbewegungen pro Jahr am Flughafen Frankfurt von 2001 bis 2015 .....	11
Tabelle 2	Ausschöpfung der Stichprobe der RDF-Breitenerhebung .....	38
Tabelle 3	Erhebungswellen der RDF-Vertiefungsstudie und Anzahl der teilnehmenden Personen.....	40
Tabelle 4	Faktorladungen in der Hauptkomponentenanalyse zu den gesundheitsbezogenen Variablen in der Vertiefungsstudie .....	53





## Zusammenfassung

Umgebungs­lärm, darunter Verkehrslärm, ist eines der bedeutsamsten lokalen Umweltprobleme in unserer Gesellschaft. Nach Schätzungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) gehen in Europa jährlich knapp 1 Mio. beschwerdefreie Lebensjahre (*disability-adjusted life-years*, DALYs) wegen vorzeitigem Tod oder Behinderung bzw. Erkrankung durch die Wirkungen von Umgebungs­lärm verloren. Zu den gesundheitsbezogenen Wirkungsbereichen zählt die WHO Tinnitus, Herz-Kreislauf­erkrankungen, Beeinträchtigung der kognitiven Entwicklung von Kindern, Schlafstörungen und die Lärmbelästigung.

Am Flughafen Frankfurt wurde im Jahr 1997 der Bedarf zur Kapazitätserweiterung angemeldet und der Bau einer neuen, vierten Landebahn angekündigt. Es folgten bis Ende des Jahres 2007 Raumordnungs-, Landesentwicklungs- und Planfeststellungsverfahren sowie parallel ein zweijähriges Mediationsverfahren (1998 – 2000) und die Etablierung von Dialogforen zu dem Flughafenausbau und der weiteren regionalen Entwicklung (Regionales Dialogforum Flughafen Frankfurt, RDF, bis Ende 2007 und Forum Flughafen und Region, FFR, seit 2008). Das Thema "Fluglärm und Gesundheit" stand dabei über die Jahre stets im Fokus der regionalen Debatte zum Flughafenausbau.

Vom RDF beauftragt, wurde in den Jahren 2004 bis 2006 eine Fluglärmwirkungsstudie durchgeführt, in der die Auswirkungen von Fluglärm auf die Belästigung und Lebensqualität von Anwohnerinnen und Anwohnern im Umfeld des Flughafens Frankfurt untersucht wurden (sogenannte RDF-Studie). 2.312 Anwohnerinnen und Anwohner im Umfeld des Flughafens Frankfurt wurden zu fluglärmassoziierten Störungen und zur Fluglärm­belästigung sowie umwelt- und gesundheitsbezogenen Lebensqualität in *face-to-face* Interviews befragt (Breitenerhebung). Eine Subgruppe von 190 Personen machte zudem im Rahmen einer Vertiefungsstudie, in der die stündliche Fluglärm­belästigung im Tagesverlauf erhoben wurde, Angaben zur Lärmempfindlichkeit mit Hilfe des *Noise Sensitivity Questionnaire* (NoiSeQ; Schütte, Marks, Wenning, & Griefahn, 2007). Für die Wohnadresse jeder Untersuchungsperson wurden Dauerschall- und mittlere Maximalpegel für Luftverkehrsgeräusche und zur Kontrolle für Straßen- und Schienenverkehrsgeräusche jahresgemittelt bezogen auf das Erhebungsjahr 2005 (Breitenerhebung) sowie für konkrete Untersuchungstage (Vertiefungsstudie) für jede Tagesstunde und zusammengefasst zu verschiedenen Tageszeitscheiben berechnet.

Es wurde der Zusammenhang zwischen Luftverkehrsgeräuschexposition, Fluglärmbelästigung, Wohn- und gesundheitsbezogener Lebensqualität und weiteren nicht-akustischen Faktoren wie die individuelle Disposition der Lärmempfindlichkeit als auch den Einstellungen zur Lärmquelle und zu als verantwortlich wahrgenommenen Akteuren betrachtet (Publikation I der vorliegenden kumulativen Dissertation; Schreckenberg, Meis, Kahl, Peschel & Eikmann, 2010a). Weiterhin wurde die Rolle der Lärmempfindlichkeit, die als ein wesentlicher Moderator der Lärmbelästigung und anderer Lärmwirkungen (u. a. Schlafstörungen) gilt, näher untersucht. Ausgehend von der These, dass die Lärmempfindlichkeit teilweise eine allgemeine umweltbezogene Empfindlichkeit reflektiert und sowohl mit negativer Affektivität, d. h. mit der Disposition negativer emotionaler Befindlichkeit assoziiert ist als auch mit der Tendenz, die physische und soziale Umwelt negativ zu bewerten (Weinsteins *critical-tendency*-Hypothese), wurden zwei Hypothesen geprüft (Publikation II der vorliegenden kumulativen Dissertation; Schreckenberg, Griefahn & Meis, 2010b): Lärmempfindlichere Personen berichten im Vergleich zu weniger lärmempfindlichen Personen (1) vermehrt eine Beeinträchtigung der körperlichen Gesundheit und des psychischen Wohlbefindens und (2) eine höhere Betroffenheit durch Umwelt- und Sozialprobleme im Wohngebiet sowie eine geringere Zufriedenheit mit verschiedenen, auch nicht lärmbezogenen Aspekten der Wohnumgebung.

Die in den Publikationen I und II vorgestellten Analysen erfolgen auf Basis eines stress-theoretischen Arbeitsmodells. Stress wird hierbei verstanden als das Resultat der Überschreitung von psychologischen und physiologischen Regulationsmöglichkeiten eines Menschen durch eine akute Umweltauforderung (z. B. Verkehrsgeräusche), insbesondere in Situationen, die Unvorhersehbarkeit und Unkontrollierbarkeit einschließen. Aus dem stresstheoretischen Modell wird die Annahme abgeleitet, dass die vor allem in der Publikation II behandelte Lärmempfindlichkeit sowie die insbesondere in Publikation I vorgestellten Einstellungen zur Lärmquelle und zu verantwortlichen Akteuren einen Beitrag zum *secondary appraisal* (Lazarus & Launier, 1978), hier der Einschätzung der verfügbaren Ressourcen zur Bewältigung des Fluglärms, leisten und damit die Fluglärmbelästigung als auch darüber hinaus neben der Geräuschbelastung die wohn- und gesundheitsbezogene Lebensqualität co-determinieren.

Die in der Publikation I dargestellten Ergebnisse zeigen, dass neben der Luftverkehrsgeräuschexposition die auf die Lärmquelle "Luftverkehr" sowie auf verantwortliche Akteure bezogenen Einstellungen mit der Fluglärmbelästigung assoziiert sind. Der Luftverkehrs-Dauerschallpegel trägt im Weiteren auch zur Erklärung der allgemeinen wahrgenommenen Wohnumweltqualität bei. Die gesundheitsbezogene Lebensqualität steht im Zusammenhang

mit der Lärmbelästigung und der individuellen Lärmempfindlichkeit als auch mit der Luftverkehrsgeräuschexposition, insbesondere in der Subgruppe mehrfach erkrankter (multimorbider) Personen. Die Ergebnisse lassen eine rekursive Beziehung zwischen Fluglärmbelästigung und gesundheitlichen Beeinträchtigungen vermuten, die aber im Rahmen einer Querschnittsstudie wie der RDF-Studie nicht geprüft werden kann.

Die vertiefende Betrachtung der Beziehungen zwischen Luftverkehrsgeräuschexposition, Lärmempfindlichkeit, Lärmbelästigung, wahrgenommener Wohnumweltqualität sowie psychischer und körperlicher Gesundheit (Publikation II) zeigt, dass in der untersuchten Stichprobe der Vertiefungsstudie des RDF-Forschungsvorhabens berichtete langfristige Gesundheitsbeeinträchtigungen nicht mit den Geräuschpegeln, wohl aber mit der Fluglärmbelästigung assoziiert sind. Die Ergebnisse werden in Publikation II so interpretiert, dass in der untersuchten Stichprobe die Luftverkehrsgeräuschpegel nicht so sehr – direkt oder vermittelt über die Fluglärmbelästigung - auf die berichteten Gesundheitsbeeinträchtigungen einwirken, sondern dass diese vielmehr – wie auch die Lärmempfindlichkeit - als Co-Determinanten der Lärmbelästigung verstanden werden können. Die individuelle Lärmempfindlichkeit trägt vor allem zur Erklärung der Gesamtlärmbelästigung im Wohngebiet sowie der Fluglärmbelästigung bei. Sie erweist sich in dieser Studie als mit berichteten körperlichen Gesundheitsbeeinträchtigungen aber nicht mit psychischen Gesundheitsbeeinträchtigungen assoziiert. Lärmempfindlichere Personen bewerten die wahrgenommene Umweltqualität in ihrem Wohngebiet schlechter als weniger lärmempfindliche Personen, vor allem in Bezug auf Aspekte des Luftverkehrs und der Ruhe. Die Beurteilungen anderer Wohnqualitätsmerkmale stehen nicht mit der Lärmempfindlichkeit im Zusammenhang. Daraus wird geschlossen, dass die Lärmempfindlichkeit ein eher spezifischer und reliabler Prädiktor von Störungs- und Belästigungsreaktionen auf die Geräusche einer dominierenden Lärmquelle ist als ein Prädiktor für die individuelle Wahrnehmung der Wohnumfeldqualität.

Insgesamt konnte in der RDF-Studie die aus dem stresstheoretischen Rahmenmodell abgeleitete Annahme bestätigt werden, dass nicht-akustische Faktoren wie die Einstellungen zur Lärmquelle "Luftverkehr" und zu den für die Fluglärminderung als verantwortlich wahrgenommenen Akteure sowie die Lärmempfindlichkeit zur Aufklärung der Varianz in der Fluglärmbelästigung beitragen. Die Fluglärmexposition hat dabei zumindest in der Breitenerhebung einen weitergehenden Erklärungsanteil auf die gesundheitsbezogene psychische und physische Lebensqualität insbesondere in der vulnerablen Gruppe von Personen mit

zwei oder mehr chronischen Erkrankungen. Auch dieses Ergebnis stärkt die Annahme, dass die wahrgenommenen verfügbaren psychischen und physischen Ressourcen zur Bewältigung von Fluglärm die Reaktionen auf Fluglärm auf Dauer gesundheitsrelevant verändern können.

Die RDF-Studie erlaubt es, stresstheoretisch begründete Zusammenhangshypothesen zu prüfen. Aussagen über Kausalrichtungen oder gar rekursive Beziehungen können aus der als Querschnittsstudie angelegten Studie nicht abgeleitet werden. Weiterhin basieren in der RDF-Studie Aussagen über die körperliche Gesundheit auf Selbstberichten der teilnehmenden Personen ohne dass diese Angaben z. B. anhand physiologischer Messgrößen oder Sekundärdaten (z. B. Krankenkassendaten) über Erkrankungshäufigkeiten verifiziert wurden. Beides – der Querschnittscharakter und die Beschränkung auf die Interviewmethode – stellen Limitationen der RDF-Studie dar.

Für ein besseres Verständnis der Beziehung zwischen Lärm und Gesundheit bietet sich eine Untersuchungsmethode in lärmexponierten Wohngebieten an, die aus einer Mischung von Quer- und Längsschnitterhebungen besteht und verschiedene Erhebungsformen wie Befragungen, physiologische Messungen, psychologische Testverfahren und eine auf Erkrankungen bezogene Analyse von Sekundärdaten im Rahmen einer Fall-Kontrollstudie beinhaltet.

Einen erster Ansatz dazu stellt das Konzept der in den Jahren 2011 bis 2015 durchgeführten Lärmwirkungsstudie NORAH (*Noise-Related Annoyance, Cognition, and Health*) dar (Publikation III dieser Dissertation). Die Studie wurde explizit als Konsequenz aus den Limitationen der RDF-Studie und anderer Querschnittsstudien zur Fluglärmwirkung geschrieben und konzipiert und stellt eine umfassende Fortführung der Untersuchung der gesundheitsbezogenen Wirkung von Fluglärm, erweitert auf die Wirkung von Flug-, Straßen- und Schienenverkehrslärm dar. Die inzwischen vorgestellten Ergebnisse bestätigen die in der RDF-Studie untersuchten Wirkungen akustischer und nicht-akustischer Faktoren auf die Beeinträchtigung durch Fluglärm. Darüber hinaus zeigen sie für andere als selbstberichtete Lärmwirkungen, z.B. Krankheitsdiagnosen (Versicherungsdaten), physiologisch gemessene Schlafqualität und kognitive Leistungen von Kindern, Expositions-Wirkungsbeziehungen zum Fluglärm und anderen Verkehrslärmarten und auch Assoziationen mit nicht-akustischen Faktoren (z.B. Assoziation zwischen Einstellung zum Luftverkehr und Schlafparametern; Elmenhorst, Müller, Mendolia, Quehl & Aeschbach, 2016).

## Summary

Environmental noise including transportation noise is one of the most important local environmental problems in our society. For the European Region, the World Health Organization (WHO) estimates an annual number of 1 million disability adjusted life years (DALYs) lost due to premature death and disability/disease as consequence of the exposure to environmental noise. According to the WHO (2011) tinnitus, cardiovascular diseases, the impairment of the cognitive development of children, sleep disturbances and noise annoyance belong to the health-related impacts of environmental noise.

In 1997, an airport expansion with a new, fourth runway was requested for Frankfurt Airport. The approval procedures lasted until 2007 and the new runway was opened in 2011. Parallel to this, as a consequence of a two-year mediation process (1998 – 2000), dialogue forums were established, until 2007 the Dialogue Forum Frankfurt Airport (*Regionales Dialogforum Flughafen Frankfurt*, RDF) and since 2008 the Forum Airport and Region (*Forum Flughafen und Region*, FFR). Over the years, the issue of noise and health has been in the focus of the regional debate about the airport expansion.

From 2004 to 2006, commissioned by the RDF, an aircraft noise effect study was carried out dealing with the impact of aircraft noise on annoyance and quality of life of residents living in the vicinity of Frankfurt Airport (the so-called RDF study). 2,312 residents around Frankfurt Airport were surveyed in *face-to-face* interviews with regard to their aircraft noise-related disturbances, annoyance, and environmental as well as health-related quality of life (broad survey). For a subgroup of 190 people, who assessed their hourly aircraft noise annoyance in the course of the day within a follow-up study, noise sensitivity was obtained by means of the Noise Sensitivity Questionnaire (NoiSeQ; Schütte, Marks, Wenning, & Griefahn, 2007) (in-depth study). For the home address of each participant the aircraft noise exposure was calculated through modelling the continuous and mean maximum sound levels averaged over the year of measurement 2005 (broad survey) and for four specific consecutive days of examination (in-depth study). In addition, road traffic and railway sound levels were estimated as a control condition. All sound levels were calculated per hour and summarised for several daytimes.

The associations between aircraft noise exposure, aircraft noise annoyance, residential and health-related quality of life, and non-acoustical factors such as the individual disposition of noise sensitivity as well as attitudes towards the noise source and authorities perceived as re-

sponsible were studied (publication I of this cumulative thesis). Furthermore, the role of noise sensitivity known as an essential moderator of noise annoyance and other noise effects (among others sleep disturbances) were analysed in more detail. Based on the assumptions that noise sensitivity partly reflects a general environmental sensitivity and is associated with negative affectivity, i.e. the disposition of experiencing negative emotions, and with the tendency to perceive the physical and social environment in a negative way (Weinstein's critical-tendency hypothesis), two hypotheses were tested: (1) Noise-sensitive persons more often report impairments of their physical health and mental well-being than less noise-sensitive persons; (2) Noise-sensitive persons report a higher degree of burden due to environmental and social problems in their residential area and lower satisfaction with several noise-related and non-noise-related aspects of their residential area than less noise-sensitive persons (publication II of this cumulative thesis).

The analyses reported in the publications I and II are based on a theoretical stress-related working model. Stress is regarded as the result of conditions where environmental demand exceeds the psychological and physiological regulatory capacity of humans to cope with the demand (e.g. transportation noise), in particular in unpredictable and uncontrollable situations. According to the stress-related model it is assumed that noise sensitivity, which is examined in publication II in more detail, as well as attitudes towards the noise source and responsible authorities that are analysed in publication I contribute to the *secondary appraisal* (Lazarus & Launier, 1978), i.e. in this study to the perceived capacity to cope with aircraft noise. Thus, they co-determine aircraft noise annoyance and the residential and health-related quality of life.

Results presented in publication I show that beside aircraft sound exposure the attitudes towards aviation and towards responsible authorities are associated with aircraft noise annoyance. The aircraft sound exposure also contributes to the explanation of the perceived environmental quality of the residential area. The health-related quality of life is related to noise annoyance and the individual noise sensitivity as well as aircraft sound exposure in particular in the subgroup of respondents suffering from multi-morbidity. The results of the analyses presented in publications I and II seem to indicate a recursive relationship between aircraft noise annoyance and health complaints, which unfortunately cannot be tested in a cross-sectional study such as the RDF study.

The in-depth analysis of the relationships between aircraft sound exposure, noise sensitivity, noise annoyance, and mental and physical health (publication II) shows that the long-term

health complaints reported by the participants of the broad survey of the RDF research project are not associated with sound levels but with aircraft noise annoyance. The interpretation of these findings is that in the sample of this sub-study aircraft sound levels do not have – directly or mediated by aircraft noise annoyance – an impact on the health complaints but that the health complaints – similar to noise sensitivity – can be regarded co-determinants of noise annoyance. The individual noise sensitivity contributes to the explanation of the total noise annoyance in the residential area as well as to the explanation of aircraft noise annoyance. In this study, noise sensitivity is associated with reported physical health but not with mental health. Noise-sensitive persons judge the perceived environmental quality of their residential area as poorer than less noise-sensitive subjects, in particular with aspects of aviation and quietness. Noise sensitivity is not related to judgments of other aspects of the quality of the residential area. From these findings, it is concluded that noise sensitivity is more a specific, reliable predictor of responses of disturbance and annoyance due to the sound of a dominant noise source than a predictor of the individual perception of the environmental quality of the residential area in general.

Altogether, the assumption derived from the stress-related working model that non-acoustical factors such as the attitudes towards the noise source 'aviation' and the authorities perceived to be responsible for abating the aircraft noise as well as noise sensitivity contribute to the explanation of the variance in aircraft noise annoyance could be confirmed by the results of the RDF study. Furthermore, at least in the broad survey, the aircraft sound exposure contributes to the explanation of the health-related mental and physical quality of life in particular in the vulnerable sub-group with two or more chronic health diseases. Again, this result strengthens the assumption that in the long run the perceived available mental and physical resources to cope with aircraft noise modify the responses to noise in a health-relevant way.

The RDF study allows testing hypotheses about correlations. The causal direction of the relationships or recursive relations cannot be empirically tested in this cross-sectional study. Furthermore, in the RDF study, the findings concerning the physical health are based on self-reports of participants and not verified by means of physiological measures or analysis of secondary data (e.g. health insurance data) on the prevalence of health diseases. Both – the cross-sectional character and the confinement to the method of interviews – are limitations of the RDF study.

For a better understanding of the relationship between noise and health the application of a mix of cross-sectional and longitudinal studies including different modes of assessment such as surveys, physiological measurements, psychological tests and the analysis of secondary data in the context of a case-control study would be appropriate for a research program in noise exposed residential areas.

A first step towards such a research program is the concept of the noise impact study NORAH (Noise-Related Annoyance, Cognition, and Health) (publication III of this thesis), which was carried out in the years 2011 to 2015. NORAH was explicitly announced and conceptualised to overcome the limitations of the RDF study and other cross-sectional studies on the impact of aircraft noise. It is a comprehensive continuation of the study of the impact of aircraft noise on health extended to the study of the impact of aircraft, road traffic, and railway noise. The by now published results of the NORAH study confirm the effects of acoustical and non-acoustical factors on the nuisance due to aircraft noise. Moreover, they show exposure-response relationships for aircraft noise and other transportation noise sources and associations with non-acoustical factors (e.g. association between the attitude towards air traffic and sleep parameters; Elmenhorst, Müller, Mendolia, Quehl & Aeschbach, 2016) for other than self-reported noise effects, e.g. diagnoses of health diseases (insurance data), physiologically measured sleep quality, and cognitive performance of children.



# Teil I. Synopsis

---

# 1 Einleitung

## 1.1 Aufgabenstellung

Umgebungs­lärm – Geräusche aller Quellen außer dem Lärm am Arbeitsplatz (Weltgesundheitsorganisation, WHO, 2011) - ist eines der bedeutsamsten lokalen Umweltprobleme in unserer Gesellschaft. "Lärm" bedeutet hierbei "unerwünschter Schall" (Guski, 1987) bzw. darüber hinaus "Schall, der als lästig erlebt wird und Wohlbefinden, Leistung und Gesundheit sowie das soziale Zusammenleben der Menschen beeinträchtigen kann." (Hellbrück, Guski & Schick, 2010).

Nach Schätzungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) gehen in Europa jährlich knapp 1 Mio. beschwerdefreie Lebensjahre (*disability-adjusted life-years*, DALYs) wegen vorzeitigem Tod oder Behinderung bzw. Erkrankung durch die Wirkungen von Umgebungs­lärm verloren (WHO, 2011). Zu den gesundheitsbezogenen Wirkungsbereichen zählt die WHO (2011) Tinnitus, Herz-Kreislauf­erkrankungen, Beeinträchtigung der kognitiven Entwicklung von Kindern, Schlafstörungen und die Lärmbelästigung.

In Deutschland stellt der Luftverkehr nach regelmäßigen Umfragen des Umweltbundesamtes im zweijährigen Turnus seit vielen Jahren die drittläufigste Lärmquelle in der bundesdeutschen Wohnbevölkerung nach Straßenverkehr und Nachbarschaft dar (Stand 2015), Lediglich im Jahr 2012 berichteten mehr Befragte, sich durch Straßenverkehrslärm, Nachbarschaftslärm, Industrie- und Gewerbelärm und Schienenverkehrslärm belästigt zu fühlen. Im Jahr 2014 gaben 21% der bundesdeutschen Befragten an, durch Fluglärm zumindest etwas belästigt zu sein (Summe der Antworten auf einer fünfstufigen Skala von Stufe (2) "etwas" bis Stufe (5) "äußerst belästigt oder gestört") (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit & Umweltbundesamt, 2015).

Prognosen zufolge verzeichnet der Luftverkehr weltweit ein starkes Wachstum. Nach Angaben der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation (*International Civil Aviation Organization*, ICAO) stieg der Luftverkehr weltweit von 1995 bis 2010 um 4,6% bezogen auf Passagierverkehr und 5,0% bezogen auf den Frachtverkehr an. In etwa gleicher Größenordnung (4,5% Passagierverkehr, 5,3% Frachtverkehr) wird ein weiterer Anstieg von 2011 bis 2030 prognostiziert (ICAO, 2013). Für deutsche Flughäfen prognostiziert das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) ein Wachstum von 2015 bis 2030 von durchschnittlich jährlich 3,27% im Passagieraufkommen und 7,37% im Frachtaufkommen (Berster et al., 2015). Entsprechend wird in einer Studie von ANOTEC (2003) die Zunahme der Anzahl von

Personen, die durch Fluglärm hoch belastigt sind, aufgrund des kontinuierlichen Wachstums des Luftverkehrs auf 1 bis 4 % pro Jahr geschätzt.

Am Flughafen Frankfurt beträgt in den letzten Jahren die Zahl der Flugbewegungen ca. 470.000 pro Jahr. Im Erhebungsjahr 2005 der in dieser kumulativen Dissertation beschriebenen Fluglärmwirkungsstudie sowie in den darauffolgenden zwei Jahren betrug die Anzahl der jährlichen Flugbewegungen noch ca. 490.000. Jedoch sind es Prognosen aus zurückliegenden Jahren, wie die von ANOTEC (2003), die zu langjährigen Flughafenausbauplanungen wie den am Flughafen Frankfurt (vgl. Abschnitt 2.1) führen.

Tabelle 1

*Anzahl der Flugbewegungen pro Jahr am Flughafen Frankfurt von 2001 bis 2015*

Jährliche Anzahl der Flugbewegungen am Flughafen Frankfurt 2001 – 2015					
Jahr	2001	2002	2003	2004	2005
Flugbewegungen	456.452	458.359	458.865	477.475	490.147
Jahr	2006	2007	2008	2009	2010
Flugbewegungen	489.406	492.569	485.783	463.111	464.432
Jahr	2011	2012	2013	2014	2015
Flugbewegungen	487.162	482.242	472.692	469.026	468.153

*Anmerkung.* Quelle: Fraport AG (2017).

Am Flughafen Frankfurt wurde im Jahr 1997 von der Deutschen Lufthansa AG und dem Flughafenbetreiber Bedarf zur Kapazitätserweiterung angemeldet und der Bau einer neuen, vierten Landebahn angekündigt. Es folgten in den Jahren danach Raumordnungs-, Landesentwicklungs- und Planfeststellungsverfahren bis Ende 2007 sowie parallel ein zweijähriges Mediationsverfahren (1998 – 2000). Weiterhin wurden Dialogforen zu dem Flughafenausbau und der weiteren regionalen Entwicklung etabliert (Regionales Dialogforum Flughafen Frankfurt, RDF, bis Ende 2007 und Forum Flughafen und Region, FFR, seit 2008). Das Thema "Fluglärm und Gesundheit" stand dabei über die Jahre stets im Fokus der regionalen Debatte zum Flughafenausbau.

Vor diesem Hintergrund wurde der Autor dieser Arbeit zusammen mit weiteren Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der ZEUS GmbH, Zentrum für angewandte Psychologie,

Umwelt- und Sozialforschung, Hagen, und der Hörzentrum Oldenburg GmbH, Oldenburg, durch das RDF beauftragt, in den Jahren 2004 bis 2006 eine Fluglärmwirkungsstudie, die sogenannte RDF-Belästigungsstudie, durchzuführen. Aufgabe der Studie bestand darin, im Rahmen von Expositions-Wirkungsanalysen die Auswirkungen von Fluglärm auf die Belästigung und Lebensqualität von Anwohnerinnen und Anwohnern im Umfeld des Flughafens Frankfurt zu erfassen und darzustellen. Aus dieser Studie sind u. a. zwei Publikationen entstanden, die Bestandteil dieser kumulativen Dissertation sind.

## 1.1 Aufbau der Dissertation

Diese Arbeit besteht inhaltlich aus zwei Teilen, der Synopsis und den Publikationen, die dieser kumulativen Dissertation zugrunde liegen.

Im ersten Teil, der Synopsis, wird zunächst im weiteren Verlauf dieses Kapitels 1 in den Erkenntnisstand zu gesundheitsbezogenen Wirkungen des Fluglärms eingeführt. Dabei wird die stresserzeugende Wirkung von Fluglärm hervorgehoben und die Lärmbelästigung als eine der zentralen psychologischen Lärmwirkungsgrößen (Abschnitte 1.2.1 bis 1.2.3) dargelegt. Weitere nicht-akustische (psychologische) Faktoren werden vorgestellt, die neben der Geräuschbelastung mit den Störungs- und Belästigungsreaktionen assoziiert sind (Abschnitt 1.2.4). Dazu werden zwei stresstheoretische Lärmwirkungsmodelle beschrieben und ein daraus abgeleitetes und erweitertes Modell der Fluglärmwirkung, das als Arbeitsmodell den theoretischen Rahmen der in dieser Dissertation behandelten Fluglärmwirkungsstudien darstellt (Abschnitt 1.3). Daraus leiten sich die Ziele und Fragestellungen dieser Arbeit ab, die im Abschnitt 1.4 beschrieben werden.

Im Kapitel 2 wird die Datengrundlage dieser Arbeit, die sogenannte "RDF-Studie", eine am Flughafen Frankfurt durchgeführte Fluglärmwirkungsstudie, vorgestellt. Dazu gehört eine chronologische Einordnung der Studie einschließlich einer kurzen Chronologie der Ausbauplanungen am Flughafen Frankfurt (Abschnitt 2.1). Daran schließt sich eine Übersicht der zur RDF-Studie erschienenen Publikationen an (Abschnitt 2.2). Die weitere Entwicklung nach der RDF-Studie hin zur umfassenden Verkehrslärmwirkungsstudie NORAH (*Noise-Related Annoyance, Cognition, and Health*) wird im Abschnitt 2.3 beschrieben. Das Vorgehen in der RDF-Studie, die aus zwei Teilstudien, einer Breitenerhebung und einer Vertiefungsstudie besteht, und die erhobenen und in dieser Dissertation behandelten Variablen werden im Abschnitt 2.4 dargestellt.

Kapitel 3 beinhaltet eine Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse der Publikationsbeiträge I und II zur RDF-Studie sowie des Konzepts der NORAH-Studie (Abschnitt 3.1) und eine Diskussion der Resultate vor dem Hintergrund der Ziele und Fragestellungen dieser Arbeit (Abschnitt 3.2). Das Kapitel enthält im Weiteren Ausführungen zu Implikationen der Ergebnisse und endet mit einem Ausblick für die weitere Lärmwirkungsforschung (Abschnitt 3.3).

Die dieser Dissertation zugrundeliegenden Publikationen bilden den zweiten Teil der Arbeit. Zu der RDF-Studie sind dies zwei Artikel:

1. "*Aircraft noise and quality of life around Frankfurt Airport*", 2010 erschienen in der Zeitschrift *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Publikationsbeitrag I; Schreckenberg, Meis, Kahl, Peschel, & Eikmann, 2010a)
2. "*The associations between noise sensitivity, reported physical and mental health, perceived environmental quality, and noise annoyance*", 2010 erschienen in der Zeitschrift *Noise & Health* (Publikationsbeitrag II; Schreckenberg, Griefahn & Meis, 2010b).

Bei der dritten Publikation handelt es sich um den veröffentlichten Tagungsbeitrag "*NORAH – Study on Noise-Related Annoyance, Cognition and Health: A transportation noise effects monitoring program in Germany*", das im Jahr 2011 auf der Konferenz der *International Commission on Biological Effects of Noise* (ICBEN) in London präsentiert wurde (Schreckenberg et al., 2011). In dem Tagungsbeitrag wird das Konzept der Verkehrslärmwirkungsstudie NORAH vorgestellt, die in der Nachfolge zur RDF-Studie und diese im Umfang deutlich überschreitend in den Jahren 2011 bis 2015 durchgeführt wurde.

## **1.2 Gesundheitsbezogene Wirkungen von Fluglärm**

### **1.2.1 Fluglärm – eine Stress erzeugende Umweltbelastung**

Die Wirkungen von Lärm auf Menschen lassen sich grundsätzlich in aurale und extra-aurale Wirkungen einteilen (Griefahn et al., 2007). Die auralen Wirkungen betreffen Schädigungen des Hörsystems. Solche Schäden sind bei der Wirkung von Verkehrslärm, hier insbesondere des Fluglärms, auf die Wohnbevölkerung kaum anzutreffen. Die extra-auralen gesundheitsbezogenen Wirkungen von Lärm werden in der Forschungsliteratur überwiegend unter Rückgriff auf stresstheoretische Konzepte diskutiert. Auch in dieser Dissertation wird Fluglärm als eine stresserzeugende Umweltbelastung verstanden, zu deren Wirkungen Annah-

men formuliert werden, die auf allgemeinen psychologischen bzw. psycho-physischen Stressmodellen (z. B. Lazarus & Launier, 1978; Henry, 1977; Koolhaas et al., 2011) sowie speziell auf Lärmwirkungen bezogenen Stressmodellen (z. B. Babisch, 2006; Van Kamp, 1990; Stallen, 1999) basieren (vgl. auch Schreckenberg et al., 2015).

Insbesondere zwei lärmbezogene Stressmodelle werden im Rahmen der vorliegenden Dissertation diskutiert, die beide auf das transaktionale Stressmodell von Lazarus (Lazarus & Launier, 1978) aufbauen: Das Modell von Van Kamp (1990) betrachtet die Bedeutung der mit der Lärmbelästigung einhergehenden Bewältigungsbemühungen (Coping) auf weitere gesundheitliche Beeinträchtigungen. Das Modell zur Lärmbelästigung von Stallen (1999) legt den Schwerpunkt auf die Rolle der wahrgenommenen Kontrolle, der Einstellungen zur Lärmquelle und zu den verantwortlichen Akteuren für die Lärmbewältigung und resultierende Lärmbelästigung. Die vorliegende Dissertation beinhaltet die Verknüpfung und damit Erweiterung beider Modelle zu einem integrierten stresstheoretischen Rahmenmodell der Lärmwirkung, aus dem die Annahmen, die den Analysen der Publikationen I und II zugrunde liegen, abgeleitet werden.

Das Rahmenmodell wird in den nachfolgenden Abschnitten näher erläutert. Das Modell und dessen Hinleitung wird darüber hinaus in Publikation I (Schreckenberg et al., 2010a) vorgestellt und ebenso vom Autor der vorliegenden Dissertation im Endbericht zum Modul 1 der Verkehrslärmwirkungsstudie NORAH (*Noise-Related Annoyance, Cognition, and Health*; Schreckenberg et al., 2015) in Bezug auf die Fragestellungen der NORAH-Studie beschrieben.

Stress wird hierbei verstanden als das Resultat der Überschreitung der psychologischen und physiologischen Regulationsmöglichkeiten durch akute Umweltsanforderungen (z. B. Lärm), die insbesondere in Situationen der Unvorhersehbarkeit und Unkontrollierbarkeit auftritt (Koolhaas et al., 2011). Im Hinblick auf die Stresswirkung von Lärm sind demnach drei Aspekte wichtig (vgl. auch Schreckenberg et al., 2015, S: 25):

1. Das Ausmaß der Geräuschbelastung: Häufigkeit, zeitliche Verteilung, Intensität (Schallpegel), Geräuschcharakteristik (Psychoakustik, Informationsgehalt);
2. die verfügbaren individuellen psychischen und physischen Ressourcen von Menschen, der Umweltsanforderung "Lärm" zu begegnen und sie zu bewältigen und
3. der Kontext (u. a. Lercher, 1996; Guski, 1999), inklusive
  - personenbezogener Faktoren (z. B. Alter, Lärmempfindlichkeit, Einstellungen zur Lärmquelle und zu den als verantwortlich für die Lärminderung wahrgenommenen Institutionen und Personen);

- sozial vermittelter Faktoren (z. B. Medienberichterstattung über den Lärm, Lärmverursacher, lärmpolitisch relevante Entscheidungen);
- situativer Faktoren (u. a. Wohnbedingungen, Fensterart und Lüftungsmöglichkeiten, vorhandener Schallschutz bzw. Fassadendämmung am Wohngebäude);
- sonstiger Risikofaktoren (z. B. lärmunabhängige Belastungen, Gesundheitsverhalten).

### 1.2.2 Primäre, sekundäre und tertiäre Lärmwirkungen

Die extra-auralen psychischen als auch physischen Wirkungen von Lärm lassen sich in primäre, sekundäre und tertiäre Wirkungen einteilen (Griefahn et al., 2007). Als Indikatoren psychischer Stressreaktionen werden auf akuter Ebene erlebte, lärmbedingte Störungen der Ruhe und Konzentration, der Kommunikation und des Schlafs angesehen (primäre, akute Wirkung). Zu sekundären, mittelfristigen Wirkungen zählt das Erleben von Lärmbelästigung. Die Beurteilung des Grads der Lärmbelästigung kann im Rahmen von Befragungen bezogen auf einen mehrmonatigen Zeitraum (z. B. 12 Monate) anhand mehrstufiger Belästigungsskalen quantifiziert werden. Beispiele hierfür sind die 5-stufige Verbalskala und 11-stufige numerische Skala zur Erfassung der Lärmbelästigung gemäß ISO/TS 15666 (*Technical Specification of the International Organization for Standardization*, ISO/TS 15666:2003-02, 2003). Zu den weiteren sekundären Wirkungen zählen Griefahn et al. (2007) Beeinträchtigungen der kognitiven Leistungen. Ein Beispiel hierfür ist die Abnahme der Lesefähigkeit von Schulkindern mit Zunahme von Luftverkehrsgeräuschpegeln (Klatte et al., 2017; Stansfeld et al., 2005).

Zu den tertiären, chronischen Wirkungen zählen langfristige gesundheitliche Beeinträchtigungen. Dabei ist die Annahme, dass sich die allgemeine, gesundheitsbezogene Lebensqualität reduziert (Dratva et al., 2010; Nitschke, Tucker, Simon, Hansen & Pisaniello, 2014; Schreckenberg et al., 2010a; Shepherd, Welch, Dirks & Mathews, 2010; Welch, Shepherd, Dirks, McBride & Marsh, 2013). Körperliche Gesundheitsbeeinträchtigungen, insbesondere vaskuläre Erkrankungen (Babisch, 2006, 2014; Babisch & Van Kamp, 2009; Greiser & Greiser, 2010; Sørensen et al., 2011) sowie auch psychische Erkrankungen (Depression, u.a. Greiser & Greiser, 2010; Orban et al., 2016; Smith, et al., 2002) können begünstigt werden, wenn langfristig die Möglichkeit der Restauration (Erholung) nach andauernden lärmbedingten Störungen fehlt (Schreckenberg et al., 2009b; Schreckenberg et al., 2015).

Die Lärmbelästigung lässt sich hierbei als psychische Stressreaktion auf Lärm verstehen (Stallen, 1999; s. Abschnitt 1.3), die zumindest teilweise zwischen Verkehrsgeräuschbelastung und langfristigen physischen als auch psychischen Gesundheitsbeeinträchtigungen interve-

niert (Belojevic & Saric-Tanaskovic, 2002; Babisch et al., 2013; Eriksson, Bluhm, Hilding, Östenson & Pershagen, 2010; McLean & Tarnopolsky, 1977; Miyakawa, Matsui & Hiramatsu, 2007; Van Kamp, Houthuijs, Van Wiechen & Breugelmans, 2007). Jedoch wird insbesondere in Bezug auf die Beeinträchtigung der psychischen Gesundheit auch die umgekehrte Kausalrichtung diskutiert, wonach psychisch vorerkrankte Personen auf Lärm stärker reagieren (vgl. u. a. Stansfeld, 1992; Van Kamp & Davies, 2013).

Zu den weiteren Folgen des Lärms zählt zudem die Veränderung der Bewertung der Wohnqualität, insbesondere die Wohnzufriedenheit. Danach nimmt mit zunehmender Geräuschbelastung und Lärmbelästigung die Wohnzufriedenheit, insbesondere die Zufriedenheit mit der Wohngegend ab (Kroesen et al., 2010; Urban & Máca, 2013). Dies wurde bislang überwiegend auf die stressinduzierende Wirkung von Lärm zurückgeführt. Neuerdings verweisen Lärmwirkungsforscher auf eine weitere Lärmwirkung: Dabei wird auf die restaurative Bedeutung des Aufenthalts im Außenbereich als Ausgleich zu Alltagsbelastungen und Stresssituationen hingewiesen (Hartig, Johansson & Kylin, 2003). Beispiele sind der Aufenthalt im Garten, der Spaziergang in der Wohnumgebung, Sport oder das Aufsuchen von Naherholungsgebieten, wobei auch dem Genuss angenehmer Geräusche (eines positiven *Soundscapes*, insbesondere Naturgeräusche; Medvedev, Shepherd & Hautus, 2015) eine wichtige Rolle zukommt. Lärm kann dabei den Aufenthalt stören und damit die Erholungsmöglichkeiten von Alltagsbelastungen einschränken. Lärm wirkt danach doppelt: Als Stressor und als Erholungs- und damit Stressbewältigungshindernis (Foraster et al., 2016; von Lindern, Hartig & Lercher, 2014, 2016).

### **1.2.3 Lärmbelästigung – eine zentrale psychologische Lärmwirkung**

Die Lärmbelästigung stellt die zentrale psychologische Lärmwirkungsgröße dar. Die als Lärmwirkung auf der zeitlich mittelfristigen, sekundären Wirkungsebene angesiedelte Lärmbelästigung wird in einer Reihe von Studien als Bindeglied zwischen akuten Störungsreaktionen und langfristiger Gesundheitsbeeinträchtigung betrachtet (vgl. vorangegangenen Abschnitt 1.2.2). Über die Jahrzehnte der Lärmwirkungsforschung sind verschiedene Konzepte des Konstrukts "Lärmbelästigung" entwickelt worden, die Bartels (2014) unter Verweis auf die Kategorisierung der Konzepte nach Guski, Felscher-Suhr und Schuemer (1999) wie folgt zusammenfasst (s. auch Schreckenberg, Belke & Spilski, 2018):

Lärmbelästigung ...

a) als Resultat von Störungen (u.a. Taylor, 1984);



- b) als emotionale Geräuschbewertung (Lindvall & Radford, 1973), eine Fähigkeit, die sich nach Kalveram (1996) im Laufe der Evolution entwickelt hat;
- c) als Ergebnis der Einstellung zur Lärmquelle (Jonsson & Sörensen, 1970);
- d) als Ergebnis des konzeptuellen Wissens über Effekte von Geräuschen (Bosshardt, 1988);
- e) als Ergebnis einer rationalen Entscheidung. Nach diesem Konzept beinhaltet das Lärmbelästigungsurteil eine Bewertung der akuten Geräuschexposition, der Informationen über die bisherige Verteilung von Geräuschpegeln, der eigenen Lärmempfindlichkeit bei bestimmten Aktivitäten, den affektiven Zustand in einer Lärmsituation sowie eine Abwägung der Vor- und Nachteile eines Lärmbelästigungsurteils (Fidell, 1987).

Guski et al. 1999 haben ergänzend zu ihrem Review der Konzepte der Lärmbelästigung in einer Befragung internationale Lärmwirkungsforscher um eine Bewertung der Definitionen der Lärmbelästigung gebeten. Als Ergebnis ihres Reviews und der Expertenbefragung gelangen sie zu folgender Definition von Lärmbelästigung:

*"Noise annoyance is a psychological concept which describes a relation between an acoustic situation and a person who is forced by noise to do things he/she does not want to do, who cognitively and emotionally evaluates this situation and feels partly helpless"* (Guski et al., 1999, p. 525).

Entsprechend stellt die Lärmbelästigung eine komplexe Reaktion auf Geräusche dar, die drei wesentliche Elemente beinhaltet (Guski, Schreckenbergs & Schuemer, 2017, p. 2):

1. Eine oft wiederholte Störung aufgrund von Lärm (wiederholte Störung intendierter Aktivitäten wie Kommunikation mit anderen Personen, Fernsehen, Musik hören, Lesen, Arbeiten, Schlafen), oftmals kombiniert mit einer verhaltensbezogenen Reaktion zur Minimierung der Störungen;
2. eine affektive, evaluative Reaktion (Ärger über die Störung und negative Bewertung der Quelle);
3. eine kognitive Reaktion (die bedrückende Einsicht, nichts gegen die unerwünschte Situation tun zu können).

Diese Definition der Lärmbelästigung legt nahe, dass die Lärmbelästigung als eine psychische Stressreaktion im Sinne der transaktionalen Stresstheorie nach Lazarus (Lazarus & Folkman, 1984, 1987) verstanden werden kann. Das heißt, die Lärmbelästigung resultiert in Abhängigkeit vom Ausmaß der Beeinträchtigung (Störung) durch den Stressor (Geräusch) und dessen Bewertung (*primary appraisal*) und der Bewertung der Bewältigungsmöglich-

keiten bzw. der wahrgenommenen Kontrolle (*secondary appraisal*) (vgl. Schreckenberg et al., 2015).

#### 1.2.4 Kontext- und personenbezogene (nicht-akustische) Einflussgrößen

Zur Expositions-Wirkungsbeziehung der Lärmbelästigung bezogen auf einen Mittelungspegel (z. B. Tag-Abend-Nachtpegel  $L_{den}$  oder Tag-Nachtpegel  $L_{dn}$ ) ist bekannt, dass diese nur einen Teil der Varianz der Lärmbelästigung aufklärt. Als Faustregel gilt, dass maximal bis zu einem Drittel der Varianz in der Lärmbelästigung durch akustische Merkmale erklärt wird (Guski, 1999). Job spricht von einer Varianzaufklärung durch die Geräuschbelastung typischerweise in Höhe von weniger als 20 % (Job, 1988). Allerdings beziehen sich diese Aussagen zur Varianzaufklärung darauf, dass die Geräuschexposition in Lärmwirkungsstudien, insbesondere Feldstudien, überwiegend durch einen einzelnen Kennwert (meist Mittelungspegel; Bassarab, Sharp & Robinette, 2009) operationalisiert wird. Andere akustische Größen wie Spitzen- bzw. Maximalpegel von Geräuschereignissen, die Häufigkeit von Geräuschereignissen, Pausenstruktur, die Regelmäßigkeit von Geräuschereignissen oder die Differenz eines quellenspezifischen Geräuschpegels zum Hintergrundpegel oder psychoakustische Größen wie Tonalität, Schärfe oder Rauigkeit von Umgebungsgeräuschen (Fiebig & Genuit, 2015) sind durch eine einzelne Größe wie dem Mittelungspegel allein nicht adäquat abgebildet und können in der Kombination zu einer höheren Varianzaufklärung der Lärmbelästigung führen.

Dennoch, neben der Geräuschbelastung tragen auch nicht-akustische Faktoren zur Varianzaufklärung der Lärmbelästigung bei (Job, 1988; Fields, 1993; Miedema & Vos, 1999), die Guski (1999) in *situative* Faktoren (z. B. vorhandener Schallschutz, Fensterart und Lüftungsverhalten, Rückzugsmöglichkeiten), *soziale* Faktoren (soziale Bewertungen der Lärmquelle bzw. verantwortlicher Akteure) und *personale* Faktoren (z. B. individuelle Lärmempfindlichkeit, Angst vor Beeinträchtigungen, Schäden durch die Lärmquelle) einteilt.

Ein nicht-akustischer Faktor kann in verschiedener Weise auf die Lärmbelästigung bzw. auf die Expositions-Belästigungs-Beziehung einwirken (Baron & Kenny, 1986; Evans & Lepore, 1997; Hayes, 2013):

- Als **Moderatorvariable**, d.h. im statistischen Sinne, dass sie nicht in Beziehung zum Geräuschpegel steht (keine Kovariation mit dem Geräuschpegel hat), aber in Interaktion mit dem Geräuschpegel auf die Lärmbelästigung einwirkt, d.h. die Expositions-Wirkungsbeziehung verändert. Diesen Effekt schreiben u. a. Miedema und Vos (2003) der Lärmempfindlichkeit zu und berichten, dass die Expositions-Wirkungskurve zur

Lärmbelästigung bei höher lärmempfindlichen Personen steiler verläuft als bei geringer lärmempfindlichen Personen.

- als **Mediatorvariable**, d.h. dass der Geräuschpegel vermittelt über den nicht-akustischen Faktor (Mediator) auf die Belästigung einwirkt. Eine Mediatorvariable korreliert danach sowohl mit dem Geräuschpegel als auch mit der Lärmbelästigung. Dieser Effekt wird etwa erlebten lärmbedingten Störungen (z. B. Kommunikationsstörungen, Ruhestörungen) zugeschrieben, die – wiederholt erlebt – zu einem Belästigungsurteil führen (Guski et al., 1999; Stallen, 1999).
- als **(additive) Co-Determinante**, d.h. ein solcher Faktor ist unabhängig vom Geräuschpegel, trägt unabhängig vom Geräuschpegel zur Varianzaufklärung der Lärmbelästigung bei, eine Interaktion mit dem Geräuschpegel besteht nicht. Einige Autoren berichten entsprechende Wirkungen, anders als Miedema und Vos (2003) für die Lärmempfindlichkeit, da sie keine statistisch signifikanten Interaktionen mit akustischen Kenngrößen finden konnten (Van Kamp et al., 2004; Fyhri & Klæboe, 2009).

Soziodemographische Merkmale wie Alter, Geschlecht oder sozioökonomischer Status weisen im Vergleich zu den o. g. personalen, situativen und sozialen Faktoren einen geringeren Einfluss auf die Lärmbelästigung auf (Job, 1988; Miedema & Vos, 1999; Miller et al., 2014). Insbesondere die Einstellungen zur Lärmquelle und zu verantwortlichen Akteuren als auch die Disposition der individuellen Lärmempfindlichkeit tragen substantiell zur Varianzaufklärung der Lärmbelästigung bzw. Beeinträchtigungsreaktionen auf Lärm bei (*"appear to account for a substantial proportion of reaction [to noise]"*, Job, 1988, p. 997).

Die individuelle Lärmempfindlichkeit wird als stabile, generelle Persönlichkeitseigenschaft verstanden (Zimmer & Ellermeier, 1998, 1999), die, selbst unabhängig von der Geräuschbelastung, generell den Grad der Reaktivität auf Lärm erhöht (Job, 1999). Die Lärmempfindlichkeit ist u. a. mit Persönlichkeitseigenschaften wie Neurotizismus, Introversion/Extroversion oder negative Affektivität korreliert (Amann, Lercher, Weichbold & Eisenmann, 2007; Dornic & Ekehammar, 1990; Smith et al., 2002). Sie gilt im Kontext von Lärmwirkung nicht nur als Co-Determinante der Lärmbelästigung (u. a. Miedema & Vos, 2003; Van Kamp et al., 2004), sondern ist auch assoziiert mit

1. der Schlafqualität (Marks & Griefahn, 2007);
2. psychischer und körperlicher Gesundheit, einschließlich gesundheitsbezogener Lebensqualität, Gesundheitsbeschwerden, Erkrankungsrisiken (Heinonen-Guzejev et al., 2005, 2007; Shepherd, Welch, Dirks & Mathews, 2010; Van Kamp, Van Kempen, Baliatsas, C. & Houthuijs, 2013);

### 3. lärmbedingten Leistungsbeeinträchtigungen (Belojević, Öhrström & Rylander, 1992).

Danach sind Lärmbelästigung, lärmbedingte Schlafstörungen, sowie Beeinträchtigungen der Gesundheit und kognitiver Leistungen bei gleicher Geräuschbelastung umso höher, je stärker die Lärmempfindlichkeit ausgeprägt ist. Damit geht einher, dass eine höhere Lärmempfindlichkeit einer Person mit einem geringer eingeschätzten Lärmbewältigungsvermögen einhergeht (Rohrmann & Scharnberg, 1981).

Von verschiedenen Autoren wird die Lärmempfindlichkeit einerseits als Teil einer allgemeinen Empfindlichkeit gegenüber Umweltbelastungen und andererseits auch als Teil einer allgemeinen gesundheitsbezogenen Vulnerabilität verstanden (Smith et al., 2002; Stansfeld, 1992; Van Kamp et al., 2013, Weinstein, 1980). Unter anderem untersuchten Smith et al. (2002) den Zusammenhang zwischen Lärmempfindlichkeit, lärmbedingten Schlafstörungen und selbst-berichteten Gesundheitsbeschwerden. Sie konnten zeigen, dass die positive Assoziation zwischen Lärmempfindlichkeit und berichteten Gesundheitsbeschwerden verschwand, nachdem die negative Affektivität als Covariate in das Modell zur Vorhersage der Gesundheitsbeschwerden aufgenommen wurde. Die Autoren schlossen daraus, dass der Effekt der Lärmempfindlichkeit durch negative Affektivität erklärt werden kann. Negative Affektivität bezeichnet dabei die Disposition des Erlebens negativer emotionaler Zustände und der Wahrnehmung der eigenen Person und der Umwelt in negativer Weise (Watson & Clark, 1984). Watson und Pennebaker (1989) fanden wiederum enge Zusammenhänge zwischen negativer Affektivität, selbst-berichteten Gesundheitsbeschwerden und körperlichen Symptomen. Weinstein (1980) betrachtet die Lärmempfindlichkeit als Teil einer Tendenz von Individuen, negative, kritische Urteile und Bewertungen eines breiten Spektrums von physischen und sozialen Aspekten der Umweltqualität (Lärm, Privatheit, Luftverschmutzung, Nachbarschaft) vorzunehmen (*critical tendency*). Dies bestätigt auch die Untersuchung von Stansfeld, Clark, Jenkins und Tarnopolsky (1985), in der bei Frauen signifikante Korrelationen zwischen der Lärmempfindlichkeit und einer generellen Empfindlichkeit, operationalisiert durch selbst berichtete Empfindlichkeit gegenüber fünf sensorischen Modalitäten festgestellt wurde (Helligkeit, Farbe, Schmerz, Geruch, Berührung) – s. auch Schreckenberget al. (2010b).

Die sozialen und situationsbezogenen Einflussgrößen der Lärmbelästigung verstehen u. a. Stallen (1999) und Hatfield et al. (2002) als solche, die mit wahrgenommener Kontrolle über die Lärmsituation und damit mit dem wahrgenommenen Lärmbewältigungsvermögen (Finke, Guski & Rohrmann, 1980) assoziiert sind. Werden Handlungskontrolle und Bewältigungs-

möglichkeiten als eingeschränkt wahrgenommen, geht dies einher mit einer Verschiebung der Expositions-Wirkungsbeziehung im Sinne einer höheren Lärmbelastigung bei gegebener Geräuschbelastung. Dies wurde z. B. berichtet aufgrund von

- Unzufriedenheit mit der Schallschutzdämmung des Wohngebäudes und mangelnden Rückzugsmöglichkeiten (Amundsen & Klæboe, 2011; Van Renterghem & Botteldooren, 2012);
- Misstrauen gegenüber verantwortlichen Personen/Institutionen (McKennell, 1963), negativen Erwartungen zur künftigen Wohnsituation unter Umgebungslärm (Schuemer & Schreckenber, 2000);
- wahrgenommener (Un-)Fairness im Rahmen lärmrelevanter Entscheidungsprozesse (Maris, Stallen, Vermunt & Steensma, 2007a, 2007b).

### 1.3 Stressbezogenes Rahmenmodell zur Wirkung von Fluglärm

Stallen (1999) hat seine Überlegungen zur Bedeutung nicht-akustischer Einflussfaktoren der Lärmbelastigung für die wahrgenommene Handlungskontrolle und die Lärmbewältigung in ein Stressmodell der Lärmbelastigung gefasst, das auf dem transaktionalen Stresskonzept von Lazarus und Kollegen beruht (Lazarus & Launier, 1978; Lazarus & Folkman, 1984). Der Grad der Lärmbelastigung speist sich dabei zum einen aus den erlebten Störungen durch Geräusche (*primary appraisal*) und zum anderen aus der wahrgenommenen Kontrolle der Lärmsituation bzw. wahrgenommenen Möglichkeiten ihrer Bewältigung (*secondary appraisal*). Die sich einstellende Lärmbewältigung (das Coping) und die aus der Bewertung der Geräuschbelastung und den Kontroll- und Bewältigungsmöglichkeiten resultierende Lärmbelastigung stellen hierbei nach Stallen in der Terminologie von Lazarus das *re-appraisal* dar. Dies umfasst die kognitive und/oder emotionale Neubewertung der Person-Umwelt-Situation (hier: die als mehr oder weniger belästigend erlebte Lärmsituation), einschließlich der Formierung neuer Verhaltensabsichten und ggf. der Ausübung entsprechender Handlungen (Stallen, 1999, S. 76). Nicht-lärmbezogene Personen- oder Umweltmerkmale werden in dieser Phase des *re-appraisals* besonders relevant. Zu diesen Merkmalen zählt Stallen, mit Verweis auf die Meta-Analyse nicht-akustischer Einflussfaktoren der Lärmbelastigung von Fields (1993), die (Änderungen in der) Einstellung zur Lärmquelle, z. B. die Meinung zur Wichtigkeit der Lärmquelle oder die Belästigung durch nicht-akustische Belastungen der Lärmquelle (z. B. Luftschadstoffe, Vibrationen).

Daneben versteht Stallen Einstellungen zu als verantwortlich wahrgenommenen Akteuren wie das Vertrauen in das Bemühen von Verantwortlichen, die wahrgenommene Möglichkeit zur Partizipation an lärmbezogenen Entscheidungsprozessen oder die wahrgenommene Fairness lärmbezogener Entscheidungsprozesse (s. auch Maris et al., 2007a, 2007b) als unterschiedliche Aspekte der wahrgenommenen Kontrolle. Entsprechend ist für Stallen die Lärmbelastung auch ein soziales Problem. Neben dem Schall als externes Umweltmerkmal, das sensorische und erlebte Störungen und damit Lärmbelastung auslösen kann, ist das Lärmmanagement an der Quelle (seitens eines Betreibers oder der Politik/Verwaltung) ein externer Prozess, der über die Einwirkung auf die wahrgenommene Kontrolle schließlich die Lärmbelastung beeinflusst (Stallen, 1999, S. 74ff.). Daraus ergeben sich sowohl technisch-akustische als auch sozialpsychologische, kommunikationsbezogene Interventionsmöglichkeiten zur Reduzierung der Lärmbelastung. Abbildung 1 zeigt das Modell von Stallen (1999, S. 75) in übersetzter und im Layout überarbeiteter Form (s. auch Schreckenberger et al., 2015, S. 30ff).

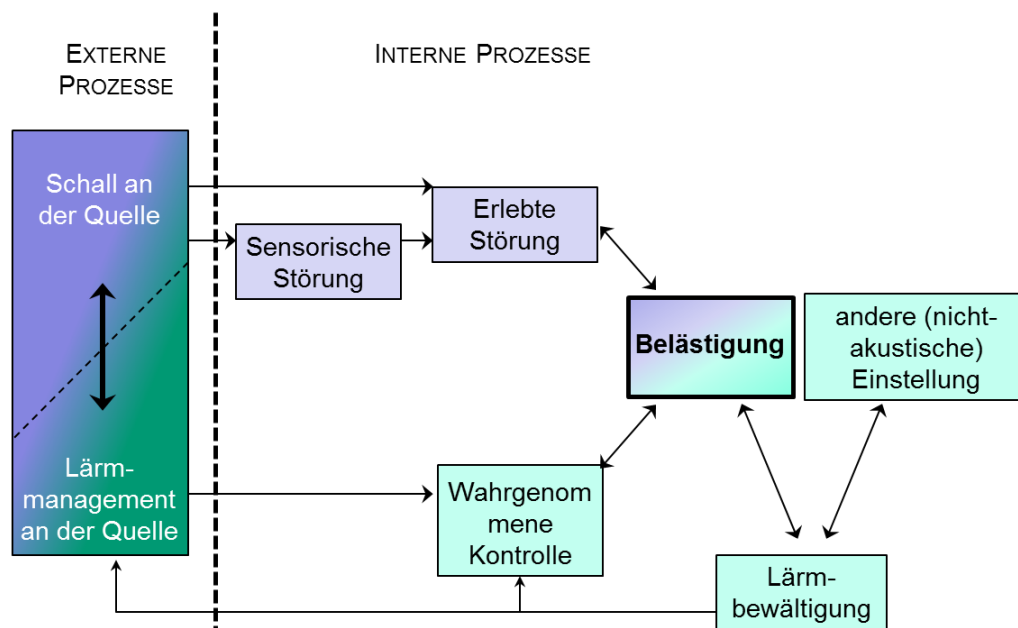


Abbildung 1. Modell der Lärmbelastung als Stressreaktion auf die externen Faktoren Geräuschbelastungen und Lärmmanagement nach Stallen (1999, Fig. 3, S. 75, übersetzt und im Layout überarbeitet; s. auch Schreckenberger et al., 2015)

Auch das von Van Kamp (1990) vorgestellte Modell orientiert sich an dem transaktionalen Stresskonzept von Lazarus (Lazarus & Launier, 1978) und bezieht sich vor allem auf die Bewältigung von Lärm (Coping). Es geht über das Modell von Stallen (1999) insoweit hinaus, als dass in dem Van Kamp-Modell aus dem (mangelndem) Coping resultierende gesundheitliche Beschwerden betrachtet werden. Das Modell von Van Kamp geht von einer indirek-

ten Wirkung der Geräuschbelastung auf Gesundheitsbeschwerden aus. Danach vermitteln Einflussgrößen der psychischen, stressbezogenen Verarbeitung von Lärm zwischen der Geräuschexposition und gesundheitlichen Beschwerden. Zu diesen vermittelnden Einflussgrößen, Mediatorvariablen (MacKinnon, Fairchild & Fritz, 2007), zählen die Lärmbelästigung, die Van Kamp in ihrem Modell entsprechend der Terminologie von Lazarus als *primary appraisal* ansieht und die wahrgenommene Kontrolle, die sie wie Stallen (1999) als *secondary appraisal* betrachtet. Diese führen zu einer psychophysiologischen Aktivierung verbunden mit der Wahrnehmung von lärmbezogenem Stress und zu Bewältigungsbemühungen, die problemorientiert, verdrängend oder in Form kognitiver Umbewertung erfolgen kann. Sind diese Bemühungen nicht erfolgreich im Sinne einer Stressreduzierung, können aus dieser Erfahrung der Nichtbewältigung des Lärms und der Machtlosigkeit (erlernte Hilflosigkeit; Maier & Seligmann, 1976) bei langfristiger Lärmexposition gesundheitliche Beschwerden auftreten wie soziale Ängste, Depression, somatische Beschwerden oder Schlafstörungen – vgl. Abbildung 2 (s. auch Schreckenberget al., 2015).

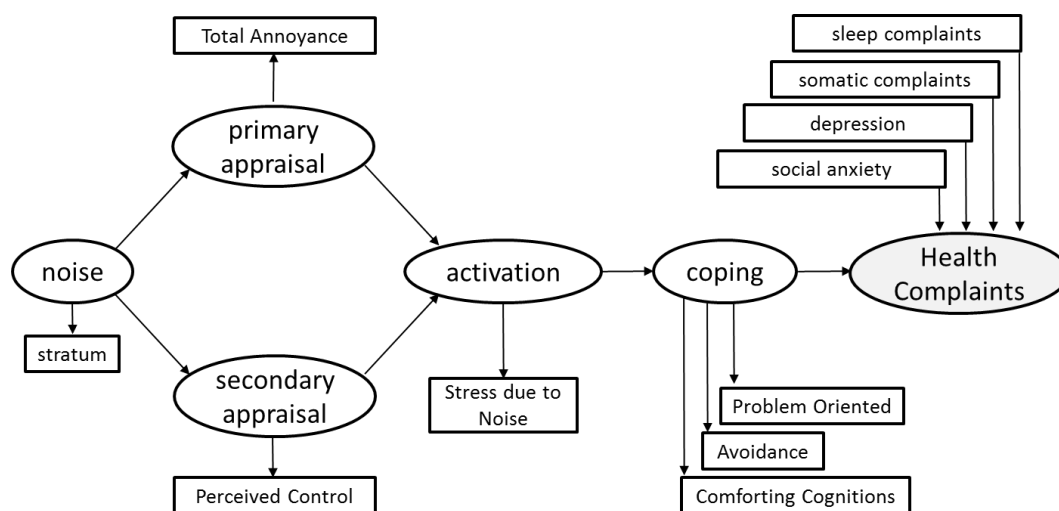


Abbildung 2. Stressmodell zum Einfluss von Lärm auf gesundheitliche Beschwerden nach Van Kamp (1990, S. 151, im Layout überarbeitet; vgl. Schreckenberget al., 2015).

Während sich das stresstheoretische Modell von Stallen (1999) auf die Lärmbelästigung bezieht und entsprechend weitere gesundheitliche Beeinträchtigung darin nicht betrachtet werden, beschreibt Van Kamp (1990) in ihrem Modell den Zusammenhang zwischen Geräuschbelastung und Lärmbelästigung etwas gröber als Stallen und berücksichtigt außer der wahrgenommenen Kontrolle weitere nicht-akustische Einflussgrößen der Lärmbelästigung nicht. Die Zuordnung der Belästigung zum *primary appraisal* lässt darauf schließen, dass die Belästigung von Van Kamp im Sinne erlebter Störung verstanden wird bzw. die Kon-

zepte "Störung" bzw. "Gestörtheit" und "Belästigung" von ihr nicht unterschieden werden. Entsprechend fasst Van Kamp (1990, S. 51) als Indikatoren des lärmspezifischen *primary appraisal* in ihrem Erhebungsinstrument die wahrgenommene Lautheit (*perceived loudness*), Häufigkeit und Intensität lärmbedingter Störungen (*frequency, intensity of interference*) und die unspezifische Belästigung (*nonspecific annoyance*) zusammen und vermerkt dazu "*The conceptual distinction between primary appraisal and annoyance seems hard to make*" (Van Kamp, 1990, S. 50).

Die beiden stressbezogenen Lärmwirkungsmodelle von Van Kamp (1990) und Stallen (1999) wurden für die RDF-Studie (vgl. Publikation I zu dieser Dissertation) zu einem Rahmenmodell der Wirkung von Fluglärm auf Belästigung und Lebensqualität verknüpft (Schreckenberg et al., 2010a). Für die NORAH-Studie wurde das Rahmenmodell – geringfügig modifiziert und auf Verkehrslärm insgesamt erweitert – ebenfalls verwendet (Schreckenberg et al., 2015). Das stresstheoretische Rahmenmodell zur Wirkung von Fluglärm ist schematisch in Abbildung 3 dargestellt.

Die dem Rahmenmodell zugrundeliegende Annahme ist, dass akustische Einflüsse der Luftverkehrsgeräuschbelastung und nicht-akustische Einflussfaktoren zum fluglärmbedingten Störungs- und Belästigungserleben sowie zu Bewältigungsbemühungen beitragen. Bei langfristig andauernder Exposition durch Fluglärm können Beeinträchtigungen der Schlafqualität und weitere psychische und physische Gesundheitsbeeinträchtigungen bzw. eine Verringerung der gesundheitsbezogenen körperlichen und geistigen Lebensqualität auftreten. Dies gilt insbesondere, sofern die Möglichkeiten zum Schutz vor dem Lärm und zur Regulation des lärmbedingten Stresses nicht als ausreichend wahrgenommen werden (vgl. Guski, 2013). Umgekehrt können aber auch somatische und psychische (Vor-)erkrankungen die Ressourcen zur adäquaten Bewältigung von Umweltstressoren wie Lärm mindern (Babisch, Ising & Gallacher, 2003; Stansfeld, 1992; Tarnopolsky, Barker, Wiggins & McLean, 1978) – s. auch Schreckenberg et al. (2009b, 2010a).



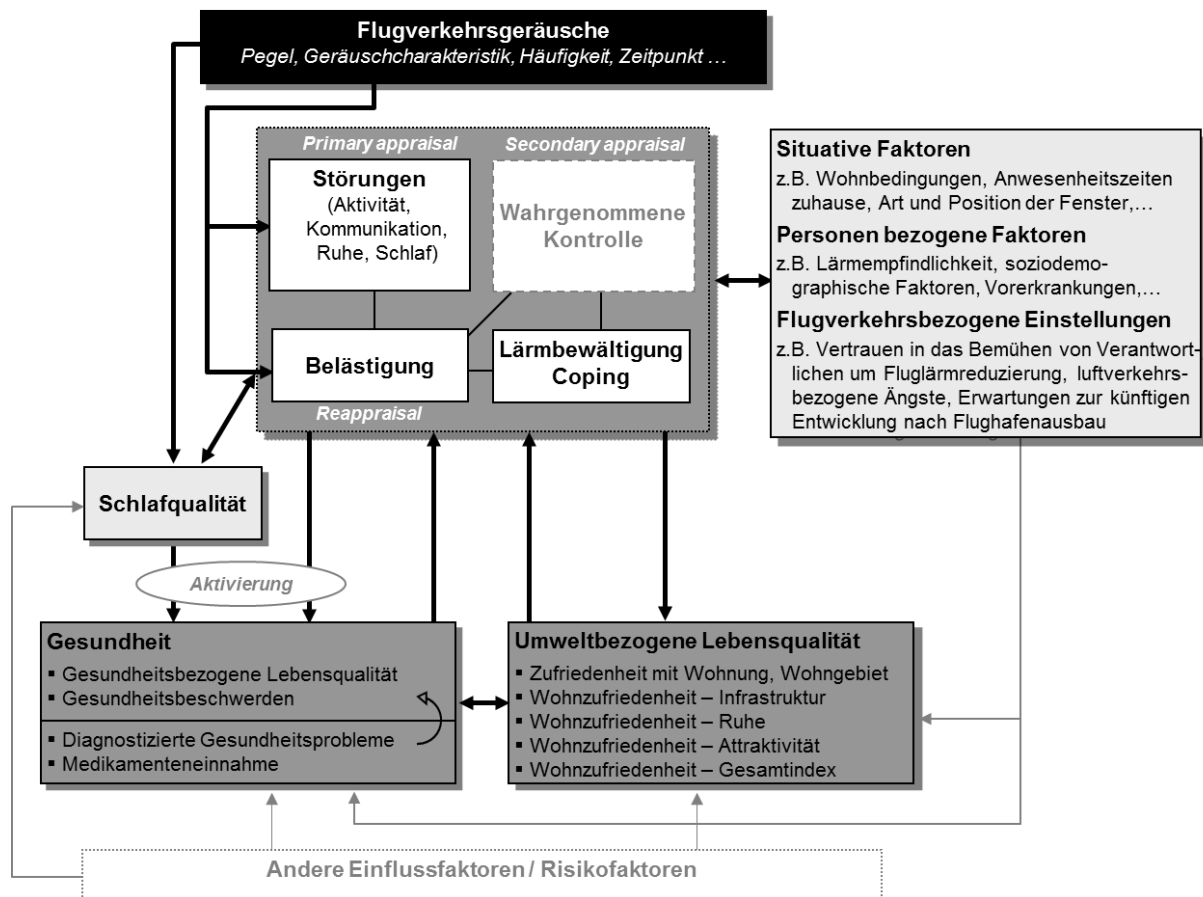


Abbildung 3. Rahmenmodell zur Wirkung von Fluglärm (nach Schreckenberg et al., 2010a, 2015)

Das Rahmenmodell enthält weiterhin die nach Van Poll (1997) zum Konzept der allgemeinen Lebensqualität gehörende wahrgenommene Wohnumweltqualität bzw. Wohnzufriedenheit. Mit ihr verbunden ist psychisches Wohlbefinden (Phillips et al., 2005), Lebenszufriedenheit (Fried, 1984) und wahrgenommene Gesundheit (Kroesen et al., 2008). Im Rahmenmodell zur Fluglärmwirkung wird dabei angenommen, dass die Fluglärmbelastigung auf die Wohnzufriedenheit negativ wirkt, zum einen wegen der stressinduzierenden Wirkung des Lärms (Kroesen et al., 2010; Pedersen, 2015; Urban & Máca, 2013), insbesondere wenn der Fluglärm chronisch umgebend im Sinne eines *ambient stressors* auftritt (Campbell, 1983). Zum anderen beeinflusst die Fluglärmbelastigung die Wohnzufriedenheit negativ wegen der Behinderung möglicher positiver, stressreduzierender Wirkungen von Elementen des Wohnumfelds (Hartig, Mang & Evans, 1991; Foraster et al., 2016; Kaplan, 1985; von Lindern et al., 2014, 2016).

In dem Rahmenmodell zur Fluglärmwirkung werden – wie auch in anderen, neueren Modellen zur gesundheitsbezogenen Lärmwirkung (u. a. Babisch, 2014; Münzel et al., 2016) – die Minderung der Schlafqualität und Gesundheit nicht nur indirekt über den psychischen Stressbewältigungsprozess sondern auch direkt über pathophysiologische Mechanismen durch

die Geräuscheinwirkung modelliert. Damit wird Befunden zur Wirkung nächtlichen Umgebungslärms Rechnung getragen, wonach Assoziationen zwischen Geräuschereignissen und anhand physiologischer Messungen ermittelter Parameter der Schlafqualität (z. B. Aufwachreaktionen, Körperbewegungen im Schlaf, Schlafdauer und –effizienz, d.h. Schlafzeit im Verhältnis zur im Bett verbrachten Zeit) auch dann feststellbar sind, wenn diese Ereignisse nicht erinnert werden und entsprechend keine oder nur geringe Korrelationen zwischen nachträglich in Befragungen erhobenen Störungs- oder Belästigungsurteilen durch nächtlichen Lärm und den physiologisch erfassten lärmbedingten Schlafstörungen auftreten (Basner, Griefahn & Van den Berg, 2010; Guski, Basner & Brink, 2012; Frei, Mohler & Rösli, 2014). Den fehlenden Zusammenhang zwischen lärmbezogenen Selbstberichten (Lärmempfindlichkeit, Bewertungen des Lärms und der Lärmquelle) und physiologischen Dysfunktionen berichten auch Münzel und Kollegen in Bezug auf die lärmbedingte Beeinträchtigung vaskulärer Funktionen (Münzel et al., 2016; Schmidt et al., 2014). Die Begriffe "indirekte" versus "direkte" Geräuscheinwirkung sind dabei relativ zu sehen. Schließlich werden die z. B. in den Modellen von Babisch (2014) und Münzel et al. (2016) formulierten "direkten" pathophysiologischen Mechanismen lärminduzierter kardiovaskulärer Beeinträchtigungen als physiologische Stressreaktionen betrachtet. Sie unterliegen damit auch einer impliziten/unbewussten kognitiv-affektiven Stressverarbeitung (Brosschot et al., 2014; Ottaviani et al., 2016).

Das Rahmenmodell enthält als Teil personenbezogener Einflussfaktoren des lärmbezogenen Stressbewältigungsprozesses sozio-demographische Variablen. Zwar ist oben im Abschnitt 1.2.4 festgestellt worden, dass die Lärmbelästigung nur geringfügig mit sozio-demographischen Faktoren assoziiert ist, dennoch liegen Befunde über Zusammenhänge vor, insbesondere in Bezug auf das Alter sowie auf sozio-ökonomische Aspekte. So sprechen Studien zum Zusammenhang zwischen Alter und Belästigung bei Erwachsenen für einen nicht-linearen, umgekehrt u-förmigen Zusammenhang. Personen im mittleren Erwachsenenalter (ca. 40 – 60 Jahre) sind danach lärmbelästigter als jüngere bzw. ältere Personen (Van Gerven et al., 2009; Groothuis-Oudshoorn & Miedema, 2006). Im Hinblick auf einen Zusammenhang zwischen sozio-ökonomischem Status und der Belästigung durch Umgebungslärm sprechen die Befunde nach einer Meta-Analyse von Fields (1993) einerseits dafür, dass überwiegend kein statistisch signifikanter Zusammenhang besteht. Aber wenn andererseits überzufällige Korrelationen berichtet werden, dann häufiger in der Weise, dass sich Personen mit höherem sozio-ökonomischen Status bei gleichem Geräuschpegel stärker belästigt fühlen als Personen mit niedrigerem Status (vgl. auch Peschel, 2006). Möglicherweise damit korrespondierend

sind Befunde, wonach sich Haus-/Wohnungseigentümer stärker durch Umgebungslärm belästigt fühlen als Wohnungs-/Hausmieter (Fields, 1993).

Das Rahmenmodell zur Fluglärmwirkung wurde für die RDF-Studie verwandt, die im Jahr 2005 am Flughafen Frankfurt in einer Phase stattfand, in der ein Ausbauvorhaben des Flughafens angekündigt war und dazu ein Planfeststellungsverfahren (2003 – 2007) eingeleitet wurde. In der Lärmwirkungsforschung ist bekannt, dass die Lärmbelästigung nur unzureichend durch Expositions-Wirkungsfunktionen ermittelt werden kann, wenn sich die Lärmexposition aufgrund von Maßnahmen (abrupt) verändert. Die im Rahmen von Meta-Analysen (z. B. Miedema & Vos, 1998; Miedema & Oudshoorn, 2001) oder in der Vorher-Situation gefundenen Expositions-Wirkungsfunktionen gelten nur für die zu diesem Zeitpunkt vorherrschende Situation, sind also eher statisch. Die Belästigungsreaktionen in einer Veränderungssituation, z. B. bei einem Flughafenausbau, fallen bei Zunahme der Lärmexposition in der Regel höher aus als anhand von Bestandsdaten vermutet. Im Falle einer Abnahme der Lärmexposition, z. B. bei Schließung einer Landebahn, ist die Lärmbelästigung niedriger als die statische Expositions-Wirkungsfunktion vorhersagt. Dieser Effekt wird auch *Change-* oder *Überschuss-Effekt* genannt (Brown & van Kamp, 2009a, 2009b; van Kamp & Brown, 2013). Schuemer und Schreckenber (2000) vermuten auf Basis einer Literaturstudie zum *Change-Effekt* und eigenen mehrjährigen Erhebungen zur Beeinträchtigung durch Schienenverkehrslärm an Aus- und Neubaustrecken, dass der *Change-Effekt* im Zuge mehrjähriger Planungsvorhaben nach Ankündigung der Planungsvorhaben bereits vor Eintritt der Änderung in der Geräuschbelastung allein aufgrund von Erwartungen auftreten kann. Demnach wäre z. B. die Lärmbelästigung im Falle einer *erwarteten* Zunahme der Lärmexposition bei einem geplanten Flughafenausbau höher und im Falle einer *erhofften* Abnahme der Lärmexposition bei der geplanten Schließung einer Landebahn niedriger als es eine generalisierte, statische Expositions-Wirkungsfunktion vorhersagen würde. Dieser *Change-Effekt* vor Eintritt von Maßnahmen ist im Rahmenmodell zur RDF-Studie nicht berücksichtigt. Allerdings wurden in der RDF-Befragung die Erwartungen bezüglich der Lärmbelästigung und Wohnsituation nach Flughafenausbau erhoben, um entsprechende Ausbaueffekte auf die Fluglärmreaktionen erfassen zu können.

## 1.4 Ziel, Fragestellungen dieser Arbeit

Aus dem Rahmenmodell zur Fluglärmwirkung wird die Annahme abgeleitet, dass neben der Geräuschbelastung die in Publikation I vorgestellten Einstellungen zur Lärmquelle und zu

verantwortlichen Akteuren sowie die vor allem in der Publikation II behandelte Lärmempfindlichkeit mit der Lärmbelästigung korreliert sind, da sie einen Beitrag zum *secondary appraisal* (Lazarus & Launier, 1978), also zur Einschätzung der verfügbaren Ressourcen zur Bewältigung des Fluglärms, leisten.

Weiterhin besteht die Annahme, dass die Luftverkehrsgeräuschexposition, dargestellt durch Mittelungspegel, weitere Wirkungen auf die gesundheits- und wohnumfeldbezogene Lebensqualität hat, die Fluglärmbelästigung hierbei eine vermittelnde Rolle einnimmt und die Beeinträchtigungen der Lebensqualität bei lärmempfindlicheren Personen und solchen mit chronischen (Vor-)Erkrankungen höher ausfallen (Schreckenberg et al., 2010a).

In dem Zusammenhang wird der in der Lärmwirkungsforschung formulierten Hypothese nachgegangen, dass die Lärmempfindlichkeit ein lärmspezifischer Ausdruck einer allgemeineren Vulnerabilität darstellt (Schreckenberg et al., 2010b). Das heißt:

- Die Lärmempfindlichkeit ist Teil einer Empfindlichkeit gegenüber Umweltbelastungen allgemein – etwa im Sinne einer *critical tendency* (Weinstein, 1980).
- Die Lärmempfindlichkeit ist ein Teil einer gesundheitsbezogenen Vulnerabilität und aufgrund ihrer Assoziation mit negativer Affektivität mit einer erhöhten (negativen) Wahrnehmung der eigenen psychischen und physischen Gesundheit verknüpft.

In der Publikation III werden methodische Fragestellungen aufgegriffen. Die RDF-Studie hat Limitationen aufgrund ihres Querschnittscharakters als auch der Konzentration auf selbstberichtete Fluglärmwirkungen. In einer Querschnittsstudie ist der Kausalschluss auf Basis von gefundenen Zusammenhängen nur anhand von theoretisch gut begründeten Zusatzannahmen möglich, zum anderen stellt sich die Frage der Validität der Operationalisierung, etwa wenn Gesundheitswirkungen ausschließlich anhand von Selbstberichten, nicht aber anhand von physiologischen Messungen oder Sekundärdaten über Erkrankungsrisiken erhoben werden. Darüber hinaus ergibt sich auch die Frage der Generalisierbarkeit der identifizierten Lärmwirkungen auf andere (Verkehrs-)lärmquellarten.

Publikation III beschreibt das Studienkonzept der umfassenden Verkehrslärmwirkungsstudie NORAH, in der über einen Zeitraum von drei Jahren in einer Kombination von Quer- und Längsschnittserhebungen unter Einsatz von Fragebögen, physiologischen Messungen, Analyse von Krankenversicherungsdaten und kognitiven Testverfahren ein breites Spektrum an psychologischen und physiologischen Lärmwirkungen des Luft-, Schienen- und Straßenverkehrslärms untersucht wird. Mit diesem Studienkonzept soll ein Weg aufgezeigt werden,

- wie im Feld die zeitliche Abfolge von Exposition, Kontexteffekten und Veränderungen in den betrachteten Lärmwirkungen untersucht werden kann und damit die Möglichkeit eines Kausalschlusses verbessert wird;
- wie dabei zur Erhöhung der Validität der Lärmwirkungsmessungen auf ein breites Methodenrepertoire zur Operationalisierung der Lärmwirkungen zurückgegriffen werden kann und
- wie für eine Verallgemeinerbarkeit der Aussagen über verschiedene Lärmquellen hinweg die Lärmwirkung verschiedener Verkehrsarten (Luft-, Schienen-, Straßenverkehr) betrachtet werden kann.

## **2 Die RDF-Studie als Datengrundlage dieser Arbeit**

### **2.1 Chronologische Einordnung der RDF-Studie**

Datengrundlage der im Rahmen dieser Arbeit vorgestellten Publikationen ist die sogenannte RDF-Belästigungsstudie (kurz: RDF-Studie), eine Studie zur Wirkung von Fluglärm auf die Belästigung und Lebensqualität von Anwohnerinnen und Anwohner der Rhein-Main-Region rund um den Flughafen Frankfurt (Schreckenbergs & Meis, 2006, 2007a). Die Studie wurde 2004 bis 2006 im Auftrag des damaligen Regionalen Dialogforums Flughafen Frankfurt (RDF) durchgeführt, die Erhebungen selbst fanden im Jahr 2005 statt. Anlass war der 1998 angekündigte Ausbau des Frankfurter Flughafens, insbesondere der Bau und die Inbetriebnahme einer neuen, vierten Flugbahn, der Landebahn im Nordwesten des Flughafens (kurz: NW-Bahn). Die Erhebungen in der RDF-Studie fielen in die Zeit des Planfeststellungsverfahrens zur neuen Landebahn, das am 18.12.2007 mit dem Planfeststellungsbeschluss endete. Die NW-Bahn wurde im Oktober 2011 in Betrieb genommen.

Nach einem zweijährigen Mediationsverfahren (1998-2000) zum angekündigten Flughafenausbau wurde unter anderem die Gründung des Regionalen Dialogforums beschlossen. Im RDF waren verschiedene Interessensgruppen repräsentiert: Vertreter des Flughafens, der Luftverkehrswirtschaft, Kommunen, Bürgerinitiativen, regionalen Wirtschaft, Kirchen und Gewerkschaften. Aufgabe des RDF war es, die weitere Entwicklung des Flughafens zu begleiten, die Bevölkerung über den Verlauf des Ausbauvorhabens zu informieren und durch Expertenanhörungen, Workshops sowie Vergabe und Betreuung von wissenschaftlichen Gutachten die ökonomischen, ökologischen und gesundheitsbezogenen Auswirkungen des Flughafenausbaus zu ermitteln. Eines der bedeutsamsten und kontrovers diskutierten Themen im RDF war der Fluglärm.

Mit der RDF-Studie sollten die Auswirkungen des Fluglärms auf das Störungs- und Belästigungserleben, auf die Wohn- und Schlafqualität sowie auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität ermittelt werden. Es galt, Expositions-Wirkungsbeziehungen, d.h. die Beziehung zwischen Luftverkehrsrgeräuschpegeln und den Wirkungen auf die Anwohnerinnen und Anwohner zu quantifizieren.

Hierzu wurden insgesamt 2.312 Anwohnerinnen und Anwohner der Rhein-Main-Region rund um den Frankfurter Flughafen nach ihren Wohn- und Lebensbedingungen und den Auswirkungen des Fluglärms in persönlichen Interviews befragt (Breitenerhebung). Für die Wohnadresse jeder Untersuchungsperson wurden verschiedene akustische Kenngrößen für die

Flug-, Schienen- und Straßenverkehrsgeräuschexposition adressgenau berechnet. In einem zweiten Studienteil (Vertiefungsstudie) gab eine Stichprobe von 200 Untersuchungspersonen an vier aufeinanderfolgenden Tagen über ihre stündliche Belästigung durch Fluglärm Auskunft, darunter 196 Personen als Substichprobe der Breitenerhebung. Auch bei der Vertiefungsstudie wurden adressgenau akustische Kenngrößen bestimmt, in diesem Studienteil bezogen auf die stündliche Luftverkehrsgeräuschbelastung an den Untersuchungstagen.

Die Ergebnisse der RDF-Studie sollten dem Dialogforum unter anderem dazu dienen, sich einen Überblick über die Betroffenheit durch Fluglärm in der Region zu verschaffen sowie geplante Lärminderungsmaßnahmen in ihren Auswirkungen auf die Bevölkerung vergleichend abschätzen zu können.

## 2.2 Publikationen zur RDF-Studie

Zur RDF-Studie liegt ein Endbericht von 2006 für den Auftraggeber RDF vor. Dieser Bericht ist im Internet verfügbar (Schreckenberg & Meis, 2006). Eine zusammenfassende Ergebnisdarstellung der Breitenerhebung wurde 2007 in der Fachzeitschrift "Lärmbekämpfung" (Schreckenberg & Meis, 2007a, 2008) und auf den Akustik-Fachkonferenzen DAGA 2007 (Schreckenberg, Felscher-Suhr & Meis, 2007) und INTER-NOISE 2007 (Schreckenberg & Meis, 2007b) vorgestellt.

Im Jahr 2008 wurde im Auftrag des Gesundheitsamts der Stadt Frankfurt eine Re-Analyse der RDF-Daten im Hinblick auf Assoziationen zwischen Luftverkehrsgeräuschpegeln, Lärmbelästigung, individueller Lärmempfindlichkeit und berichteten Gesundheitsbeschwerden, diagnostizierten Erkrankungen und Medikamenteneinnahme vorgenommen. Der Abschlussbericht zu diesen Zusatzauswertungen wurde 2009 dem Gesundheitsamt Frankfurt übergeben und ist ebenfalls im Internet verfügbar (Schreckenberg, Eikmann, Herr, zur Nieden & Heudorf, 2009a).

Neben den im Rahmen dieser Dissertation verwendeten Publikationen umfassen weitere Veröffentlichungen zur RDF-Studie Beiträge zu internationalen Fachkonferenzen. Dazu zählen: Ein Beitrag auf der EURO-NOISE 2008 zum Zusammenhang zwischen Wohnqualität und Fluglärmbelästigung (Schreckenberg, 2008), ein Beitrag auf der EURO-NOISE 2009 zur Assoziation zwischen Fluglärm und gesundheitsbezogenen Lebensqualität und berichteten Gesundheitsbeschwerden (Schreckenberg et al., 2009b), ein Beitrag auf der INTER-NOISE 2010 zu den akustischen, flugoperativen und nicht-akustischen (psychologischen) Einflussfaktoren der Kurzzeitbelästigung (Stundenbelästigung) durch Fluglärm

(Schreckenbergs & Schuemer, 2010). Der Beitrag auf der INTER-NOISE 2010 basiert auf Zusatzauswertungen der RDF-Studiendaten, gefördert durch die Europäische Kommission im Rahmen des EU-FP7 Forschungsprojekts COSMA (*Community Oriented Solutions to Minimise Aircraft Noise Annoyance*) und mit unterstützender Co-Förderung durch das Umweltbundesamt.

Die in den Veröffentlichungen zur RDF-Studie von 2007 (Schreckenbergs & Meis, 2007a, 2007b; Schreckenbergs et al., 2007) vorgestellten Ergebnisse zur Fluglärmelastigung sowie die in dem EURO-NOISE-Beitrag von 2009 (Schreckenbergs et al., 2009) diskutierten Ergebnisse zu den Assoziationen zwischen Luftverkehrsgeräuschpegeln, der Fluglärmelastigung sowie Lärmempfindlichkeit und berichteten Gesundheitsbeschwerden, diagnostizierten Erkrankungen und der Medikamenteneinnahme führten schließlich zu den beiden dieser Synopse zugrundeliegenden Publikationen zur RDF-Studie "*Aircraft noise and quality of life around Frankfurt Airport*" in der Zeitschrift *International Journal of Environmental Research and Public Health* (folgend Publikation I) und "*The associations between noise sensitivity, reported physical and mental health, perceived environmental quality, and noise annoyance*" (folgend Publikation II) in der Zeitschrift *Noise & Health*.

In Publikation I werden erstmals in einer *Peer-Review*-Zeitschrift aufbauend auf ein stresstheoretisches Arbeitsmodell zur Fluglärmwirkung die Ergebnisse der RDF-Studie zur Fluglärmelastigung in einen internationalen Kontext gestellt. Assoziationen mit akustischen und nicht-akustischen Variablen werden diskutiert, Zusammenhänge zur Wohnumweltqualität aufgezeigt und schließlich anknüpfend an den EURO-NOISE-Beitrag von 2009 Luftverkehrsgeräuschpegel, Lärmelastigung, individuelle Lärmempfindlichkeit mit ihren Bezügen zu Gesundheitsbeschwerden, Schlafqualität und gesundheitsbezogener Lebensqualität detailliert aufgeführt.

In Publikation II wird untersucht, inwieweit die individuelle Lärmempfindlichkeit, die als ein wesentlicher Moderator der Beeinträchtigungen durch Lärm gilt, als Teil einer generellen Empfindlichkeit gegenüber Umweltbelastungen oder als Ausdruck einer allgemeinen gesundheitsbezogenen Vulnerabilität verstanden werden kann.

## 2.3 Von der RDF-Studie zur NORAH-Studie

Die Ergebnisse der RDF-Studie lassen einige Fragen offen. Insbesondere kann eine Querschnittsstudie wie die RDF-Studie nur sehr eingeschränkt und unter Zuhilfenahme einer theoretischen Einordnung in den Stand der wissenschaftlichen Fachliteratur Aussagen zur



kausalen Verknüpfung von Luftverkehrsgeräuschbelastungen und den untersuchten Fluglärmwirkungen leisten. Dies wurde auf einem Workshop im März 2010 im Rahmen des Regionalen Dialogforums Flughafen Frankfurt diskutiert. Diese Diskussion, die Ergebnisse einer weiteren Anfang 2010 vorgestellten Studie zu den Erkrankungsrisiken durch Fluglärm am Flughafen Köln/Bonn (Greiser & Greiser, 2010) sowie eine Anhörung im hessischen Landtag im Herbst 2010 führten schließlich zur Ausschreibung und Vergabe einer nachfolgenden, sehr umfassenden Verkehrslärmwirkungsstudie, der NORAH-Studie. Das Konzept dieser Studie wird in der dritten Publikation dieser Dissertation, in dem veröffentlichten Tagungsbeitrag "*NORAH – Study on Noise Related Annoyance, Cognition and Health: A transportation noise effects monitoring program in Germany*" vorgestellt.

Die von 2011 bis 2015 im Auftrag der Gemeinnützigen Umwelthaus GmbH, Kelsterbach im Rahmen des Forums Flughafen & Region durchgeführte NORAH-Studie ist inzwischen abgeschlossen. Die Ergebnisse sind in einer sieben Bände umfassenden Abschlussdokumentation dargestellt; die Dokumente sind auf den Webseiten [www.norah-studie.de](http://www.norah-studie.de) und [www.laermstudie.de](http://www.laermstudie.de) verfügbar.

Die Ergebnisse der NORAH-Studie sind selbst nicht Gegenstand dieser Dissertation. Sie dienen vielmehr als Ausblick auf die in der RDF-Studie offen gebliebenen Fragen. Erste einzelne wissenschaftliche Publikationen zur NORAH-Studie liegen vor, weitere, insbesondere zu der als Nachfolgeuntersuchung zur RDF-Studie gedachten Teilstudie, stehen zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Dissertation noch aus.

## 2.4 Vorgehen in der RDF-Studie

### 2.4.1 Durchführung der Breitenerhebung

#### 2.4.1.1 Untersuchungsdesign

Das Untersuchungsdesign zur Breitenerhebung der RDF-Studie sah vor, dass eine Stichprobe von Anwohnerinnen und Anwohnern ab 16 Jahren rund um den Flughafen mit einer Luftverkehrsgeräuschbelastung am Wohnort größer gleich 40 dB im Tagesdauerschallpegel  $L_{Aeq,16h}$  (6 – 22 Uhr) teilnehmen. Die 40-dB-Grenze wurde als untere Grenze im Hinblick auf die Genauigkeit der Geräuschpegelberechnung angesehen. Die teilnehmenden Personen sollten unterschiedlich hoch durch Fluglärm exponiert sein und aus Wohngebieten in verschiedenen Ortslagen stammen, pro Ortslage waren mindestens zwei räumlich getrennte Wohngebiete vorgesehen. Durch die räumliche Verteilung sollten aus lokalen Besonderheiten möglicher-

weise resultierende Verzerrungen in der Teilnehmerbeteiligung oder in den Befragungsangaben minimiert werden. Solche Besonderheiten konnten z. B. lokalspezifische Aktivitäten von Bürgerinitiativen gegen Flughafenausbau/Fluglärm oder eine spezifische Haltung der Kommunalpolitik zum Flughafenausbau betreffen. Es ergab sich für die Breitenerhebung ein Studiendesign mit 9 Dauerschallpegelklassen \* 4 Ortslagen \* 2 Wohngebieten.

Für die statistische Auswertung der Daten der RDF-Studie wurde angestrebt, parametrische Testverfahren (Varianzanalysen, Regressionsanalysen) zu verwenden. Voraussetzungen, die für die Anwendung der Verfahren erfüllt sein müssen, wie z. B. die Varianzhomogenität oder die Normalverteilung der Residuen werden – gerade in Feldstudien – selten erfüllt. Es hat sich allerdings gezeigt, dass parametrische Verfahren relativ robust bei Verletzungen z. B. der Varianzhomogenität oder der Normalverteilung sind (Howell, 1997; O'Brien & Kaiser, 1985). Das heißt, auf die Korrektheit von statistischen Entscheidungen haben Abweichungen von den Voraussetzungen nur einen geringen Effekt, solange nur eine Voraussetzung verletzt ist und eine ausreichende Stichprobengröße je Untersuchungszelle von mehr als 30 Personen gegeben ist (vgl. u.a. Bortz, 2004). Ausgehend von diesen Überlegungen wurden für die Breitenerhebung 32 Personen pro Wohngebiet angesetzt, dies ergab hochgerechnet auf das gesamte Studiendesign der Breitenerhebung eine mindestens anzustrebende Gesamtstichprobengröße von 2.304 Personen (Abbildung 4).

Wohnlage		Luftverkehrs-Tagesdauerschallpegel $L_{Aeq,16h}$ (6 – 22 Uhr) in dB								
Ortslage	Gebiet	< 45	45 - 47,5	47,5 - 50	50 - 52,5	52,5 - 55	55 - 57,5	57,5 - 60	60 - 62,5	> 62,5
Nordwest	A	9 Pegelklassen à 2,5 dB * 4 Ortslagen * 2 Gebiete pro Pegelklasse * 32 Personen pro Gebiet  = 2.304 Probanden								
	B									
Ost	A									
	B									
Süd	A									
	B									
West	A									
	B									

Abbildung 4. Untersuchungsdesign der Breitenerhebung (vgl. Schreckenbergs & Meis, 2006, S. 19).

Das Studiendesign folgt der Logik einer quasi-experimentellen Feldstudie. Unter quasi-experimentellen Untersuchungsdesigns werden verschiedene Untersuchungsformen verstanden, angefangen von einfachen 2-Gruppendesigns bis hin zu Zeitreihenanalysen mit einer

oder mehreren Kontrollgruppen (Cook & Campbell, 1976; Shadish & Cook, 2009). Den unterschiedlichen Formen von Quasi-Experimenten ist gemein, dass relevante Einstellungen oder Verhaltensweisen verschiedener Personengruppen (abhängige Variable(n), hier u. a. die Lärmbelästigung), die sich in interessierenden Bedingungskombinationen (=unabhängige Variable(n); hier z. B. die Ausprägungen der Belastung mit Luftverkehrsgeräuschen) voneinander unterscheiden, ansonsten aber soweit wie möglich vergleichbar sind. Anders als in "echten" Experimenten ist eine Zufallszuordnung zu den Untersuchungsbedingungen (z. B. zu den Geräuschpegelstufen bzw. einzelnen Wohngebieten) nicht möglich.

Vielmehr wurden die in für die Befragung in der Breitenerhebung vorgesehenen Personen per Zufall innerhalb von ausgewählten Wohngebieten rund um den Flughafen Frankfurt anhand von Melderegisterdaten gezogen. Es handelt sich demnach um eine geschichtete und gestufte Stichprobenziehung, mit den Schichtungsmerkmalen "Luftverkehrs-Tagesdauerschallpegel" und "Wohnlage (Ortslage, Wohngebiet)". Die Auswahl der Wohngebiete stellt nach der Schichtung die erste Ziehungsstufe dar, allerdings wurde die Auswahl hierbei nicht per Zufall vorgenommen (s. Abschnitt 2.4.1.2). Innerhalb der ausgewählten Wohngebiete erfolgte dann in zweiter Auswahlstufe die Zufallsziehung von Befragungspersonen.

#### *2.4.1.2 Gebietsauswahl*

Die Gebietsauswahl erfolgte innerhalb einer Studienregion, die anhand eines akustischen Kriteriums definiert wurde, nämlich innerhalb der 40 dB-Kontur des Luftverkehrs-Tagesdauerschallpegels. Die Zuordnung der Wohngebiete zu den Dauerschallpegel-Klassen innerhalb der Studienregion wurde anhand von Fluglärm-Karten des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG) (kartierte Dauerschallpegelkonturen für die Tageszeit von 6 bis 22 Uhr) für das Bezugsjahr 2003 vorgenommen. Die Berechnung der kartierten Dauerschallpegel-Konturen erfolgte durch das HLUG nach der 100 %-Regel (Länderausschuss für Immissionsschutz, LAI, 1997). Weitere Kriterien für die Auswahl der Wohngebiete beziehen sich auf

- eine möglichst geringe Differenz zwischen den berechneten und an nächstgelegenen Messstellen gemessenen Luftverkehrs-Geräuschpegeln, die Einbindung von Wohngebieten, die nach den Prognosen des HLUG nach erfolgtem Flughafenausbau im Jahr 2020 entweder einen Belastungsanstieg, eine gleichbleibende Belastung oder eine Reduktion in der Fluglärmbelastung zu erwarten hätten;

- die Berücksichtigung verschiedener Straßentypen und dem (Nicht-) Vorhandensein von Bahnstrecken, um darüber auch eine Varianz in der Straßen- und Schienenverkehrslärmbelastung zu erhalten (nicht nur "pure" Fluglärm-Wohngebiete);
- den Ausschluss weiterer Emissionsquellen (z. B. Kläranlagen, Industrieanlagen) in unmittelbarer Nähe;
- möglichst vergleichbare strukturelle Bedingungen in den Wohngebieten (Bebauungsart, Sozialstruktur) zwischen den Geräuschpegelstufen;
- eine ausreichende Anzahl verfügbarer Wohneinheiten pro Untersuchungsgebiet (mindestens 160 Wohneinheiten = 5-fache der pro Gebiet angestrebten Interviewzahl).

Die Auswahlkriterien sind ausführlicher in Schreckenber und Meis (2006, S. 22ff.) beschrieben.

Zunächst wurde anhand der HLUG-Karten eine Vorauswahl von Wohngebieten in verschiedenen  $L_{Aeq,16h}$ -Stufen am Flughafen Frankfurt getroffen. Im Rahmen von Ortsbegehungen wurden die vorausgewählten Gebiete im Hinblick auf die o. g. weiteren Auswahlkriterien bewertet und schließlich eine Endauswahl der Untersuchungs-Wohngebiete vorgenommen.

#### *2.4.1.3 Personenauswahl*

Im weiteren Auswahlschritt erfolgte innerhalb der Untersuchungs-Wohngebiete die Zufallsauswahl der Befragungspersonen. Dazu wurden von zuständigen Meldeämtern bzw. dem regionalen Gebietsrechenzentrum EKOM21 erhaltene Registerdaten aller im jeweiligen Untersuchungsgebiet wohnhaften Personen im Alter von mindestens 16 Jahren verwendet. Für die Verwendung der Melderegisterdaten und zum Datenschutz- und -sicherungskonzept zu der Studie wurde zuvor ein positives Votum des hessischen Landesdatenschutzbeauftragten eingeholt und den Meldeämtern sowie EKOM21 in Kopie zugesandt.

Diese per Zufall gezogenen Personen wurden von dem für die Interviewdurchführung in der Breitenerhebung zuständigen Sozialforschungsinstitut Sozialwissenschaftliches Umfragezentrum GmbH (SUZ), Duisburg, in einem persönlichen Anschreiben über die Studie informiert und um Teilnahme gebeten.

Die Anschreiben wurden in verschiedenen Wellen versandt, d.h. für die Befragung wurden die zu interviewenden Personen per Zufall einem Befragungsmonat von April 2005 bis Oktober 2005 zugeordnet. Entsprechend erhielten die vom SUZ eingesetzten Interviewerinnen und Interviewer monatsweise Listen zu interviewender Personen und führten die Erhebung in mo-

natlichen Befragungswellen durch. Somit konnte eine sowohl räumliche als auch zeitliche Streuung der Interviews sichergestellt werden.

#### 2.4.1.4 Befragungsdurchführung und Ausschöpfung

Die Befragungen in der Breitenerhebung wurden als *face-to-face*-Interviews vom SUZ in Kooperation mit Interviewerinnen und Interviewern der Foerster & Thelen Marktforschung Feldservice GmbH, Bochum, durchgeführt. Als Befragungspersonal wurden erfahrene Interviewende eingesetzt, die speziell für die Breitenerhebung der RDF-Studie eine eintägige Schulung erhielten. Vom SUZ wurde eine annähernd 100%-Qualitätskontrolle der Interviews durchgeführt: Alle Interviews mit Ausnahme von drei, bei denen die Befragten darum baten, nicht weiter kontaktiert zu werden, wurden kontrolliert, in dem die befragten Personen vom SUZ nach Abschluss der Interviews überwiegend telefonisch oder bei Nichterreichen per Postkarte kontaktiert und nach dem durchgeführten Interview befragt wurden. Tabelle 2 fasst die Ausschöpfungsstatistik zur Stichprobe der Breitenerhebung zusammen.

In 279 Fällen wurden Interviews vom SUZ als ungültig erklärt. Die Gründe hierfür waren, dass diese Interviews

- telefonisch anstatt *face-to-face*,
- mit einer anderen Person als der Zielperson oder
- nicht korrekt durchgeführt wurden.

(vgl. Schreckenberger & Meis, 2006, S. 33ff.).

Die vom SUZ als ungültig identifizierten Interviews resultierten daraus, dass einzelne Interviewerinnen und Interviewer sich nicht an die Vorgaben hielten. Das führte zu der Aufstockung der Qualitätskontrolle von ursprünglich vorgesehenen 30% der Interviews auf die o. g. annähernd 100%. Die ungültigen Interviews verteilten sich zufällig über die Luftverkehrsgeräuschpegelklassen und ausgewählten Untersuchungsgebiete, da die Interviewerinnen und Interviewer entsprechend zufällig eingeteilt wurden. Daher wird eine systematische Verzerrung der auf die Fluglärmreaktionen bezogenen Ergebnisse durch die ungültigen Interviews ausgeschlossen.

Bei Aufbereitung aller Akustik- und Befragungsdaten im Anschluss an die Erhebungen stellte sich heraus, dass in einem Fall der 2.312 teilnehmenden Personen der Breitenerhebung die Wohnadresse nicht den korrekten Geokoordinaten (Gauß-Krüger-Koordinaten), die für die Berechnung der akustischen Daten erforderlich sind, zugeordnet werden konnte. In einem weiteren Fall konnte das Geschlecht nicht eindeutig festgelegt werden bzw. zwischen der Breitenerhebung und der Vertiefungsstudie fand ein Geschlechtswechsel statt. Expositions-

Wirkungsanalysen beziehen sich somit auf eine Gesamtstichprobe in der Breitenerhebung in Höhe von 2.311 Personen, Analysen mit Bezug zum Geschlecht auf bis zu 2.310 Personen.

Tabelle 2

*Ausschöpfung der Stichprobe der RDF-Breitenerhebung*

Ausschöpfung	Anzahl	Prozent
Gesamtzahl berücksichtigter Adressen	6.641	
abzgl. stichprobenneutrale Ausfälle	2.846	
ZP im Urlaub/dauerhaft nicht erreichbar	1.945	
Ausfall aufgrund von Adressenproblemen	480	
HH verweigert jegliche Auskunft oder Kontakt zu ZP	212	
ZP pflegebedürftig o. aufgrund von Krankheit nicht befragbar	101	
ZP aufgrund von Sprachproblemen nicht befragbar	79	
sonstige Ausfallgründe / keine Angabe	29	
= bereinigte Bruttostichprobe	3.795	100 %
realisierte Interviews	2.312	61 %
Verweigerungen / systematische Ausfälle	1.204	32 %
ZP verweigert Interview - kein Interesse	631	
ZP verweigert Interview grundsätzlich	214	
ZP verweigert Interview - keine Zeit	187	
ZP verweigert Interview - Sonstiges	89	
ZP verweigert Interview zum Thema	36	
ZP verweigert - Länge des Interviews	18	
ZP verweigert aus Datenschutzgründen	12	
ZP verweigert Interview – nicht persönlich	10	
Interview abgebrochen	7	
nicht gewertete Interviews	279	7 %

Anmerkungen. ZP = Zielperson; HH = Haushalt

Die Ergebnisse zu dieser Erhebung (Breitenerhebung) werden insbesondere im ersten Publikationsbeitrag "*Aircraft noise and quality of life around Frankfurt Airport*" dargestellt.

Die in der Breitenerhebung betrachteten Wirkungen des Fluglärms beziehen sich auf

- die längerfristigen erlebten fluglärmbedingten Störungen von Alltagsaktivitäten (Kommunikation, Ruhe, Arbeit/Konzentration, Schlaf) und die Belästigung durch Fluglärm;
- die Lebensqualität, insbesondere wohnumfeld- und gesundheitsbezogene Lebensqualität, Schlafqualität und erlebte Gesundheitsbeschwerden. Daneben wurden eine Reihe von selbstberichteten, diagnostizierten Erkrankungen erhoben, die – zusammengefasst zu einem Multimorbiditäts-Score – als Co-Determinanten der Wirkung von Fluglärm auf die Lebensqualität bei vulnerablen Personengruppen, sowie im Hinblick auf potenzielle, fluglärmbedingte Erkrankungsrisiken betrachtet wurden.
- Weiterhin wurden potenzielle situative (z. B. Wohnbedingungen), personale (individuelle Lärmempfindlichkeit) und soziale Co-Determinanten (Einstellung zur Lärmquelle, zu für die Lärminderung als verantwortlich wahrgenommenen relevanten Institutionen) erhoben. Im Hinblick auf die Ausbauplanungen wurden zudem die Erwartungen an die künftige Wohnsituation nach dem Flughafenausbau erfasst.

#### 2.4.2 Durchführung der RDF-Vertiefungsstudie

Eine Stichprobe von 200 Personen berichtete im Rahmen einer modifizierten Form des *experience-sampling*-Verfahrens (Bolger, Davis & Eshkol, 2003; Larson & Csikszentmihalyi, 1983; Schneid, 2004) an vier aufeinanderfolgenden Tagen über ihre stündliche Belästigung durch Fluglärm (Vertiefungsstudie). Hierzu erhielten die Untersuchungspersonen *Handheld-Computer* der Marke *Palm Tungsten E/E2* (auch als PDA = *Personal Digital Assistant* bezeichnet). Da insgesamt 80 Geräte für 200 Personen zur Verfügung standen, erfolgte die Erhebung in mehreren Wellen (s. Tabelle 3).

An den jeweils vier Untersuchungstagen pro teilnehmender Person (einschließlich zwei Wochenendtage) erhielten die Untersuchungspersonen über das PDA-Gerät täglich von 8 Uhr bis 23 Uhr ein akustisches Signal und beantworteten dann vier auf dem PDA erscheinende Fragen in zeitlichem Bezug auf die vorangegangene Stunde: Fragen nach dem Grad der Fluglärmbelästigung (erhoben mittels der 5-stufigen Skala zur Lärmbelästigung, empfohlen von der *International Commission on Biological Effects of Noise*, ICBEN; Fields et al., 2001), nach dem Aufenthaltsort (im Wohnhaus, außen am Wohnhaus, unterwegs), nach der überwiegend ausgeübten Tätigkeit (sieben vorgegebene Kategorien) und bei Aufenthalt im Haus nach der überwiegenden Fensterstellung (geöffnet, gekippt, geschlossen).

Anhand dieser Angaben wurden Tagesprofile der stündlichen Fluglärmbelästigung insbesondere in Abhängigkeit von Kenngrößen stündlicher Geräuschbelastungen (Dauerschallpegel  $L_{Aeq}$ , mittlerer Maximalpegel  $L_{Amax}$  mit Schwellenwerten von 45 bis 70 dB, Ereigniszahl, d.h.

*Number Above Threshold* (NAT)-Werte zu den  $L_{Amax}$ -Schwellenwerten von 45 bis 70 dB), der Tätigkeit, dem Aufenthaltsort und der Fensterstellung (bei Aufenthalt im Haus) erstellt – vgl. Schreckenbergs und Schuemers (2010).

Tabelle 3

*Erhebungswellen der RDF-Vertiefungsstudie und Anzahl der teilnehmenden Personen*

Gruppe	Tage	Anzahl Tage	Von	... bis	Anzahl	Prozent
1	Sa - Di	4	20.08.05	23.08.05	36	18
2	Do - So	4	01.09.05	04.09.05	35	18
3	Sa - Di	4	10.09.05	13.09.05	27	14
4	Do - So	4	22.09.05	25.09.05	28	14
5	Sa - Di	4	01.10.05	04.10.05	12	6
6	Do - So	4	13.10.05	16.10.05	19	10
7	Sa - Di	4	22.10.05	25.10.05	16	8
8	Do - So	4	03.11.05	06.11.05	27	14
Gesamt		32			200	100
Teilnehmende der Vertiefungsstudie					200	
Teilnehmende Breitenerhebung und Vertiefungsstudie					196	
Teilnehmende, die den Lärmempfindlichkeits-Bogen NoiSeQ ausfüllten					190	

*Anmerkungen.* Sa – Di: Samstag bis Dienstag; Do – So: Donnerstag bis Sonntag

Weiterhin füllten die an der Vertiefungsstudie teilnehmenden Personen täglich ein Morgenprotokoll für Angaben zur Lärmbelästigung in frühen Morgenstunden (vor 7 Uhr) sowie zur nächtlichen Schlafqualität und etwaigen nächtlichen Störungen aus. In täglichen Abendprotokollen wurden Fragen zur Datenkontrolle, zur Anzahl der Stunden außer Haus, zu etwaigen Beeinträchtigungen durch die Erhebungsmethodik, zur Gesamttagesbelästigung durch Fluglärm, sowie zu Befindlichkeit (Stimmung), akuten Beschwerden (Herz, Atmung und Schwitzen) und belastenden Tagesereignissen beantwortet. Außerdem wurde bei einer Stichprobe der Vertiefungsstudie in einer Eingangsbefragung die individuelle Lärmempfindlichkeit mit Hilfe des NoiSeQ (*Noise Sensitivity Questionnaire*; Schütte, Marks, Wenning, & Griefahn, 2007) differenzierter erhoben als in der o.g. Breitenerhebung, in der lediglich eine Selbsteinschätzung der Lärmempfindlichkeit mittels eines Items erfolgte. Ein Muster des



in der Vertiefungsstudie verwendeten NoiSeQ befindet sich im Anhang 2 dieser Dissertationschrift.

196 der 200 Personen hatten ebenfalls an der Breitenerhebung teilgenommen und 190 davon den NoiSeQ ausgefüllt, so dass für diese Substichprobe die mittels des NoiSeQ erhobene Lärmempfindlichkeit in Beziehung zur berichteten gesundheitsbezogenen Lebensqualität, zur wahrgenommenen Betroffenheit durch Umwelt- und Sozialprobleme, zur erlebten Umweltqualität im Wohnumfeld sowie zur Fluglärmbelästigung untersucht werden konnte. Die Frage dabei war, inwieweit die Lärmempfindlichkeit sowie die berichtete physische und psychische Gesundheit und gesundheitsbezogene Lebensqualität Ausdruck einer zugrundeliegenden generellen gesundheits- und umweltbezogenen Vulnerabilität darstellt, die sowohl die Lärmbelästigung als auch die allgemeine wahrgenommene Betroffenheit durch Umwelt- und Sozialproblemen im Wohngebiet co-determiniert. Davon handelt der zweite Artikel dieser Dissertation "*The associations between noise sensitivity, reported physical and mental health, perceived environmental quality, and noise annoyance*".

## **2.4.3 Berechnung der akustischen Maße in der RDF-Studie**

### *2.4.3.1 Akustische Berechnungen für die Breitenerhebungen*

Für die Auswahl der Untersuchungs-Wohngebiete wurden entsprechend einer Vorgabe des Auftraggebers Fluglärm-Karten des HLUG verwendet, in denen die Konturen nach der sogenannten 100 %-Regel berechnet wurden (LAI, 1997). Da Flugzeuge in der Regel gegen die Windrichtung starten und landen, unterscheidet sich die Belastung in den Wohngebieten je nach Betriebsrichtung (Ost- bzw. Westbetrieb) zum Teil erheblich. Bei der Berechnung nach dem 100 %-Verfahren werden die Geräuschpegel getrennt nach Ost- und Westbetrieb für die sechs verkehrsreichsten Monate (in Frankfurt in der Regel Mai bis Oktober) berechnet und daraus die das Gebiet umhüllende Kartenkontur gebildet (folgend kurz: Umhüllende). Dies entspricht einer Darstellung des jeweils ungünstigsten Falles (*Worst-Case-Situation*) einer mittleren Ost- und einer mittleren West-Luftverkehrsgeräuschsituation in den Wohngebieten, unabhängig von der Häufigkeit des Auftretens dieser Betriebsarten. Der Grundgedanke stammt aus dem Immissionsschutz und entspricht der Ermittlung der Belastung von Anlagenlärm nach der Sechsten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 1998, Anhang A.1.2, S. 510), wonach "die bestim-

mungsgemäße Betriebsart [...], die in ihrem Einwirkungsbereich die höchsten Beurteilungspegel erzeugt, zugrunde zu legen" ist.

Die 100 %-Regel wurde ebenso angewandt, um die Luftverkehrsgeräuschbelastung im Erhebungsjahr 2005 für die Wohnadressen der interviewten Personen zu berechnen.

Ein zweites Verfahren zur Berechnung der Luftverkehrsgeräuschbelastung, das in der RDF-Studie (für die späteren Expositions-Wirkungsanalysen) verwendet wurde, ist das Realverteilungsverfahren. Dabei wird die über die sechs verkehrsreichsten Monate des Jahres ermittelte langjährige mittlere Bewegungsverteilung (im Untersuchungsjahr 2005: 67 % West und 33 % Ost bezogen auf einen 24h-Tag) bei der Berechnung berücksichtigt. Dieses Vorgehen entspricht den Vorgaben der zum Zeitpunkt der Studie gültigen Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen an zivilen und militärischen Flugplätzen, kurz: Anleitung zur Berechnung, AzB (Bundesministerium des Innern, 1975) sowie dem internationalen Vorgehen. Die nach diesem Verfahren berechneten Fluglärmwerte beschreiben die unter Berücksichtigung der Bewegungsverteilung im Bezugszeitraum auftretende durchschnittliche Belastung.

Mit diesen beiden Verfahren – 100 %-Regel und Realverteilungsverfahren – wurden in der Breitenerhebung für die Wohnadresse jeder Untersuchungsperson anhand von Flugbewegungsdaten der sechs verkehrsreichsten Monate des Jahres 2005 Immissionserschallpegelmaße (Dauerschallpegel  $L_{Aeq}$ , mittlerer Maximalpegel  $L_{Amax}$  ab 55 dB und ab 70 dB) und Maße für die Häufigkeit von Flugverkehrsgeräuschen bestimmt ( $NAT_{55} = \text{number above threshold } L_{Amax} = 55 \text{ dB}$ ,  $NAT_{70} = \text{number above threshold } L_{Amax} = 70 \text{ dB}$ ). Die Werte wurden pro Stunde eines 24-Stunden-Tages berechnet und je nach betrachteter Wirkung zu Kenngrößen der Fluglärmaxposition für verschiedene Tageszeiten zusammengefasst. Es handelt sich dabei um akustische Maße, die die durchschnittliche Luftverkehrsgeräuschbelastung an einem Tag bzw. zu bestimmten Tageszeiten in den sechs verkehrsreichsten Monaten von 2005 widerspiegeln. Die Berechnungen erfolgten auf Basis der AzB (Bundesministerium des Innern, 1975) mit einer Flugzeugklasseneinteilung von 1999 (AzB-99; Umweltbundesamt, 1999).

Zusätzlich zur Bestimmung der Luftverkehrsgeräuschbelastung wurde die Straßen- und Schienenverkehrsgeräuschbelastung an den Wohnadressen der teilnehmenden Personen bestimmt. Dies erfolgte anhand von Rasterdaten der Regionalen Lärminderungsplanung im Rhein-Main-Gebiet (Lärmkontor GmbH & Wölfel Meßsysteme Software GmbH + Co. KG, 2005). Weitere verfügbare kommunale Immissionspegeldaten aus der Studienregion zur Schienen- und Straßenverkehrsgeräuschbelastung wurden einbezogen. Durch Interpolation der Geräuschpegel-Rasterdaten (Rastergröße: 25 m \* 25 m) erfolgte für alle Untersuchungs-

personen die adressgenaue Bestimmung der Belastung durch Schienen- und Straßenverkehrsgeräusche. Die Geräuschpegelberechnungen erfolgten für Schienenverkehrsgeräusche unter Anwendung der Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Schienenwegen (SCHALL03; Deutsche Bundesbahn, 1990) und für Straßenverkehrsgeräusche nach den Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen (RLS-90; Bundesministerium für Verkehr, 1992).

Alle adressgenauen akustischen Immissionsberechnungen für die RDF-Studie (Breitenerhebung und Vertiefungsstudie) beziehen sich jeweils auf die lauteste Fassade der Wohnadresse. Diese adressbezogenen Berechnungen erfolgten durch den Akustiker Kurt Müller, ehemals Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, im freiberuflichen Auftrag.

#### *2.4.3.2 Akustische Berechnungen für die Vertiefungsstudie*

Für die Wohnadressen der Untersuchungspersonen der Vertiefungsstudie wurden ergänzend zu den Berechnungen im Rahmen der Breitenerhebung akustische Maße der Luftverkehrsgeschallbelastung für jede Stunde aller 32 Erhebungstage der Vertiefungsstudie berechnet. Bei den berechneten Maßen handelt es sich um Dauerschallpegel  $L_{Aeq}$ , mittlere Maximalpegel  $L_{Amax}$  mit Schwellenwerten in 5 dB-Schritten von 45 bis 70 dB und die zu den  $L_{Amax}$ -Werten zugehörigen NAT-Werte.

### **2.4.4 Untersuchungsvariablen der RDF-Studie**

#### *2.4.4.1 Untersuchungsvariablen der Breitenerhebung, behandelt im Publikationsbeitrag I*

Im Publikationsbeitrag I zu dieser Dissertationsschrift ("*Aircraft noise and quality of life at Frankfurt Airport*") werden die untersuchten Variablen stichprobenartig und tabellarisch vorgestellt. An dieser Stelle erfolgt eine ausführlichere Beschreibung der Variablen.

Als akustische Fluglärm-Expositionsmaße wurden für die Expositions-Wirkungsanalysen die folgenden Dauerschall- und Beurteilungspegel sowie mittleren Maximalpegel und NAT-Werte bezogen auf die Flugbewegungen der sechs verkehrsreichsten Monate des Jahres 2005 (= Erhebungszeit der berechneten, akustischen Kenngrößen) verwendet:

- *A-bewerteter energieäquivalenter Dauerschallpegel*  $L_{Aeq}$ : für 24 Stunden ( $L_{Aeq,24h}$ ), für den Zeitraum tagsüber von 6 bis 22 Uhr,  $L_{Aeq,16h}$ , und für die Nachtzeit von 22 bis 6 Uhr ( $L_{Aeq,8h}$  bzw.  $L_{night}$ ). Der A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel ist ein Mittelungspegel zur Beschreibung der Belastung durch eine Abfolge von Geräuschen innerhalb einer definierten Beobachtungszeit. Er ergibt sich aus den Einzelereignispe-

geln aller berücksichtigten Geräuscheignisse innerhalb des betrachteten Zeitraums (Isermann, 2014). "Der Mittelungspegel  $L_m$  bzw. äquivalenter Dauerschallpegel  $L_{eq}$  ist damit der Schallpegel eines zeitlich schwankenden Geräusches, der dem eines zeitlich konstanten Geräusches gleichen Energieeinsatzes gleichzusetzen (äquivalent) ist." (Schmidtke, Bubb, Rühmann & Schaefer, 1981, S. 30). Die Formel für den A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegel lautet nach der DIN 45643 zur Messung und Beurteilung von:

$$L_{p,A,eq,T} = 10 \lg \left( \frac{t_0}{T} \sum_{i=1}^N 10^{L_{p,A,E,i}/10\text{dB}} \right) \text{dB} \quad (1)$$

mit

$N$	Anzahl der im Zeitintervall $T$ am Immissionsort auftretenden Geräusche
$L_{p,A,E,i}$	Einzelereignis-Schalldruckpegel des $i$ -ten Geräusches
$T$	Zeitintervall, für das der Dauerschallpegel bestimmt werden soll
$t_0$	Bezugszeit, $t_0 = 1 \text{ s}$

- *Tag-Nacht-Pegel  $L_{dn}$* : Der *Day-Night Average Sound Level*  $L_{dn}$  ist ein in den USA entwickelter, weltweit gebräuchlicher gewichteter A-bewerteter Mittelungspegel bezogen auf einen 24-Stunden-Tag, bei dem der durch Flugbewegungen im Zeitraum von 22 bis 7 Uhr erzeugte Nachtpegel einen Zuschlag von 10 dB erhält, um dem erhöhten nächtlichen Ruhebedürfnis Rechnung zu tragen (Isermann & Schmid, 1999; U.S. *Environmental Protection Agency*, EPA, 1973). In der RDF-Studie wurde der in Deutschland definierte Nachtzeitraum 22 bis 6 Uhr als Zeitraum für den Zuschlag von 10 dB verwendet. Das in der RDF-Studie verwendete Maß  $L_{dn}$  entspricht daher dem Beurteilungspegel für Tag-Nacht  $L_{r,TN}$  nach der VDI-Richtlinie 3722-2 (Verband Deutscher Ingenieure, VDI, 2013).
- *Tag-Abend-Nacht-Pegel  $L_{den}$* : Der *Day-Evening-Night Sound Level*  $L_{den}$  ist ein tageszeitlich gewichteter Dauerschallpegel (Mittelungspegel) für den 24-Stunden-Tageszeitraum ähnlich dem  $L_{dn}$ . Der  $L_{den}$  setzt sich aus den Dauerschallpegeln für den Tag ( $L_{day}$ ), für den Abend ( $L_{evening}$ ) und für die Nacht ( $L_{night}$ ) zusammen. Zusätzlich zu dem 10 dB-Zuschlag für die Nachtzeit (wie beim  $L_{dn}$ ) wird ein Aufschlag von 5 dB für die Abendzeit eingerechnet (Isermann & Schmid, 1999). Der  $L_{den}$  wird für die Lärminderungsplanung nach der EU-Umgebungsärmrichtlinie (Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, 2002) verwendet. Nach §2

der 34. Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV 34, 2006) bezieht sich der  $L_{\text{day}}$  auf den Tageszeitraum 6 – 22 Uhr, der  $L_{\text{evening}}$  auf den Abend von 18 bis 22 Uhr und der  $L_{\text{night}}$  auf die Nachtzeit von 22 bis 6 Uhr.

- *A-bewerteter mittlerer Maximalpegel  $L_{\text{Amax}}$* : Der A-bewertete mittlere Maximalschallpegel  $L_{\text{Amax}}$  ist der logarithmisch gemittelte Schalldruckpegel der A-bewerteten Maximalpegel aller in die Mittelung eingehenden Geräusche (Isermann & Schmid, 1999). Die Definition des mittleren Maximalpegels ist nach Isermann und Schmid (1999, S. 19) gegeben durch die Gleichung

$$\overline{L_{\text{max}}} = k \cdot \lg \left[ \frac{1}{N_g} \sum_{i=1}^{N_g} 10^{L_{\text{max},i}/k} \right] \quad (2)$$

mit

$L_{A,\text{max},i}$  A-bewerteter Maximalschallpegel des  $i$ -ten Geräusches

$N_g$  Anzahl der in die Mittelung eingehenden Geräusche

$k$  Äquivalenzparameter, mit dem die relative Abhängigkeit von Anzahl und Pegel von Geräuschereignissen gekennzeichnet wird (vgl. u. a. Schick, 1990; Vogt, 2005)

Anzugeben ist, welche Geräusche bzw. ab welchem Mindestwert Geräuschpegel einbezogen werden. Im Fall der Breitenerhebung handelte es sich um Flugzeuggeräusche, die in der Erhebungszeit (in den sechs verkehrsreichsten Monaten in 2005) im Mittel am Immissionsort im Beurteilungszeitraum  $T$  (z. B. 24 Stunden) ereignisbezogene Maximalpegel von mindestens 55 dB bzw. 70 dB erzeugten. Die entsprechenden mittleren Maximalpegel haben in der RDF-Studie die Notation  $L_{\text{Amax}55,T}$  (oder  $L_{\text{max}55,T}$ ) bzw.  $L_{\text{Amax}70,T}$  (oder  $L_{\text{max}70,T}$ ). In den Auswertungen für den Publikationsbeitrag I wurden die mittleren Maximalpegel für 24 Stunden  $L_{\text{Amax}55,24\text{h}}$  und  $L_{\text{Amax}70,24\text{h}}$  verwendet.

- *NAT-Werte  $NAT_{55,T}$  ( $N_{55,T}$ ) und  $NAT_{70,T}$  ( $N_{70,T}$ )*: Anzahl von Geräuschereignissen (hier: Flugzeugbewegungen), die während einer bestimmten Zeitperiode einen definierten Maximalpegel  $L_{\text{Amax}}$  überschreiten (*NAT = Number above threshold*; Isermann & Schmid, 1999). Im Publikationsbeitrag I zur RDF-Studie wurden als  $L_{\text{Amax}}$ -Schwellenwerte 55 dB und 70 dB, d.h.  $NAT_{55}$  (bzw. in international gebräuchlicherer Schreibweise  $N_{55}$ ) und  $NAT_{70}$  ( $N_{70}$ ) für die Zeitperiode von 24 Stunden verwendet.
- Zwecks Kontrolle bzw. Adjustierung der Expositions-Wirkungsmodelle zur Fluglärmwirkung wurden die adressgenau berechneten energieäquivalenten Dauerschallpegel  $L_{\text{Aeq}}$  jeweils für die Belastung durch Straßen- und Schienenverkehrsgeräusche verwen-

det; je nach betrachteter Wirkung bezogen auf 24 Stunden oder den "hellen" Tag 6 bis 22 Uhr bzw. die Nacht 22 bis 6 Uhr.

In der Breitenerhebung wurden im Rahmen der Interviews die folgenden Variablen erhoben und im Publikationsbeitrag I analysiert (s. auch Endbericht der RDF-Studie zur Beschreibung der Variablen; Schreckenberg & Meis, 2006):

- Wirkungsvariablen: Fluglärmbelästigung, fluglärmassoziierte Störungen tags und nachts, Maßnahmen zur Fluglärmbewältigung, die gesundheitsbezogene Lebensqualität (*HQoL*; *health-related quality of life*), Schlafqualität und Wohnzufriedenheit;
- potentielle, einstellungsbezogene Co-Determinanten der Lärmwirkungen: auf den Luftverkehr und relevante Akteure bezogene Einstellungen, Erwartungen zu den Auswirkungen des Flughafenausbaus;
- personale potenzielle Co-Determinanten der Lärmwirkungen (Identifikation vulnerabler Subgruppen): Lärmempfindlichkeit, selbstberichtete diagnostizierte Erkrankungen (Morbidität);
- Soziodemographische Faktoren: Alter, Geschlecht, Hauseigentum, sozioökonomischer Status.

Ein Muster des Gesamtfragebogens der Breitenerhebung findet sich im Abschlussbericht zur RDF-Studie (Schreckenberg & Meis, 2006) und ist ebenfalls als Anhang 1 dieser Dissertationsschrift beigelegt.

**Die Belästigung durch Fluglärm** wurde entsprechend der Empfehlungen der *International Commission on Biological Effects of Noise* (ICBEN; Felscher-Suhr, Guski & Schuemer, 2000; Fields et. al, 2001) anhand von zwei Fragen erhoben. Bei einer Frage wurde eine fünfstufige Verbal-Intensitätsskala von 1 (überhaupt nicht) bis 5 (äußerst gestört oder belästigt) und bei der zweiten Frage eine 11-stufige numerische Intensitätsskala von 0 (überhaupt nicht) bis 10 (äußerst) zur Beurteilung der Fluglärmbelästigung vorgelegt. Die Skalen basieren auf international parallel durchgeführten psychometrischen Untersuchungen von Team #6-Mitgliedern der ICBEN und enthalten den Untersuchungsergebnissen zufolge annähernd äquidistante Antwortstufen (Fields et. al, 2001). Dies ermöglicht im Rahmen der statistischen Datenauswertung die Anwendung von Mittelwertbildung und parametrischen Testverfahren.

Zusätzlich zu den mehrstufig erfassten Fluglärmbelästigungs-Variablen wurde – einer Konvention der Lärmwirkungsforschung folgend und zur besseren internationalen Vergleichbarkeit der Expositions-Wirkungs-Ergebnisse – die **dichotome Variable "hoch durch Fluglärm belästigt"** (*HA = highly annoyed*) eingeführt. Zurückgehend auf eine Definition von Schultz (1978) werden Personen, die zur Kennzeichnung des Ausmaßes ihrer

Lärmbelästigung die oberen 27 bis 28% der Antwortskala angeben, als hoch lärmbelästigte Personen bezeichnet. Miedema und Vos (1998) haben im Rahmen ihrer Metanalysen zum Prozentanteil hoch durch Verkehrslärm belästigter Personen (getrennt für Straßen-, Schienen- und Luftverkehr) bezogen auf den Tag-Nachtpegel  $L_{dn}$  und Miedema und Oudshoorn (2001) bezogen auf den Tag-Abend-Nachtpegel  $L_{den}$  die Belästigungsangaben auf den verschiedenen Ratingskalen der einbezogenen Originalstudien auf eine 100-Punkte-Skala transformiert und einen *cut-off*-Punkt von 72 auf der 100-Punkte-Skala zur Definition von "*highly annoyed*" festgelegt. In der RDF-Studie wurden Personen, die auf der numerischen Belästigungsskala von 0 (überhaupt nicht) bis 10 (äußerst belästigt oder gestört) die Werte 8, 9 oder 10 angaben, als hoch belästigt (*HA*; *highly annoyed*) definiert und erhielten den Wert 1 in der dichotomen *HA*-Variable zur Fluglärmbelästigung. Personen die auf der Skala Werte kleiner 8 angaben, erhielten den Wert 0 in der dichotomen *HA*-Variable. Dies entspricht gerundet einem *cut-off*-Wert von 73% der Antwortskala für die *HA*-Definition.

**Aktivitätsstörungen:** Insgesamt 10 Fragen zu Störungen von Aktivitäten durch Fluglärm wurden gestellt. Als Antwort-Ratingskala wurde die standardisierte Belästigungsskala gem. ICBEN-Empfehlungen verwendet. Entsprechend dem Vorgehen in früheren Lärmwirkungsstudien (z. B. Finke et al., 1980; Griefahn, Möhler & Schuemer, 1999) wurden die Itemantworten zu fünf Mittelwert-Scores der Aktivitätsstörungen, jeweils im Wertebereich von 1 (geringes) bis 5 (hohes Ausmaß der Störung), zusammengefasst. Bei Mehr-Item-Scores wurde als Maß für die interne Konsistenz Cronbachs  $\alpha$  bestimmt. Die Scores sind: Kommunikationsstörung innen (3 Items, Cronbachs  $\alpha = .92$ ), Kommunikationsstörung außen (1 Item), Ruhe- und Konzentrationsstörung innen (2 Items, Cronbachs  $\alpha = .93$ ), Ruhe- und Erholungsstörung außen (1 Item), Schlafstörungen (3 Items, Cronbachs  $\alpha = .92$ ). Die Cronbachs-Alpha-Werte in Höhe von  $\alpha > .90$  sprechen für eine hohe interne Konsistenz der jeweiligen Scores.

Es wurde die Häufigkeit der Ergreifung von 16 kognitiven und verhaltensbezogenen **Maßnahmen zur Bewältigung von Fluglärm** mittels einer fünfstufigen Häufigkeitsskala nach Rohrmann (1978) erhoben (vgl. Fragebogen im Anhang 1). Sie wurden zu einem Mittelwert der Skala "Maßnahmen zur Fluglärmbewältigung" zusammengefasst. Die interne Konsistenz kann mit Cronbachs  $\alpha = .94$  als hoch bezeichnet werden.

Die **gesundheitsbezogene Lebensqualität** wurde mit Skalen des krankheitsunspezifischen Gesundheitsfragebogens SF-36 (*Short Form Health Survey*) und mit dessen Kurzversion SF-12 erhoben (Bullinger & Kirchberger, 1998). Der SF-36 erfasst mit 36 Items acht

Dimensionen der Lebensqualität: Körperliche Funktionsfähigkeit, körperliche Rollenfunktion, Schmerz, allgemeine Gesundheitswahrnehmung, Vitalität, soziale Funktionsfähigkeit, emotionale Rollenfunktion und psychisches Wohlbefinden. Die acht Dimensionen lassen sich zu zwei Summenskalen "körperliche Summenskala" und "psychische Summenskala" zusammenfassen. Der SF-12 ist eine Kurzform bestehend aus 12 der 36 Items, mit denen die beiden Summenskalen zum körperlichen und psychischen Wohlbefinden ermittelt werden. Die SF-12-Items erklären zusammen 87 – 94% der Varianz der SF-36-Summenscores (Bullinger & Kirchberger, 1998).

In der RDF-Studie wurde der SF-12 eingesetzt und aus den Angaben die beiden Summenwerte "körperliche Summenskala und "psychische Summenskala" bestimmt. Die Wertebildung erfolgte entsprechend des Manuals (Bullinger & Kirchberger, 1998), die Summen wurden in T-Werte (Mittelwert  $M = 50$  und Standardabweichung  $SD = 10$ ) transformiert. Höhere Werte bedeuten eine bessere Lebensqualität. Zusätzlich wurden den Befragungspersonen, zur differenzierteren Erfassung der psychischen Lebensqualität, die Items der Teilskalen des SF-36 "Vitalität" und "psychisches Wohlbefinden" vorgelegt. Diese Subskalen nehmen Werte von 0 bis 100 an, wobei auch hier höhere Werte eine höhere Lebensqualität bedeuten.

In Erweiterung zur erhobenen gesundheitsbezogenen Lebensqualität wurden subjektiv erlebte **Gesundheitsbeschwerden** mittels des Gießener Beschwerdebogens GBB-24 (Brähler, Hinz & Scheer, 2008) erhoben. Der Beschwerdebogen umfasst die Subskalen Erschöpfung, Magenbeschwerden, Gliederschmerzen und Herzbeschwerden; alle Skalen umfassen jeweils sechs Items. Mit dem GBB-24 sollen explizit subjektive Beschwerden und keine objektiven, medizinisch diagnostizierten Gesundheitsbeschwerden erhoben werden. Im Kontext der RDF-Studie geht es hierbei um die Erfassung der subjektiven, gesundheitlichen Befindlichkeit in Abhängigkeit von Umweltstressoren, hier: Fluglärm. Die 24 Items sind jeweils auf einer fünfstufigen Ratingskala mit den Stufen 0 = "nie", 1 = "kaum", 2 = "einigermaßen", 3 = "erheblich" sowie 4 = "stark" zu beantworten. Die aus den Antworten gebildeten Subskalenwerte sind Summen und liegen im Wertebereich von 0 bis 24. Die über alle Subskalen des GBB-24 gebildete Gesamtsumme ("Beschwerdedruck") umfasst einen Rohwertebereich von 0 bis 96. Für die weiteren Analysen wurden die Rohwerte entsprechend des Manuals (Brähler et al., 2008) in T-Werte transformiert.

Die **Schlafqualität** wurde mit dem international angewandten Fragebogen *Pittsburgh Sleep Quality Index* (PSQI; Buysse, Reynolds, Monk, Bergman & Kupper, 1989) erfasst. Im Gegensatz zu den erhobenen fluglärmassoziierten Schlafstörungen taucht der Begriff "Lärm" in den Fragen des PSQI nicht explizit auf. Aus den Angaben im PSQI wird ein Gesamtwert



(der PSQI-Wert) und die sieben Subskalen subjektive Schlafqualität (1 Item), Schlaflatenz (Dauer bis zum Einschlafen, 2 Items), Schlafdauer (1 Item), Schlaffeffizienz (effektive Schlafzeit im Verhältnis zur Bettzeit, 3 Items), Schlafstörungen (9 Items), Schlafmittelkonsum (1 Item), Tagesmüdigkeit (2 Items) gebildet. Die sieben Subskalen nehmen einen Wertebereich von 0 bis 3 ein, aus der Summation ergibt sich ein Wertebereich von 0 bis 21, höhere Werte bedeuten eine verringerte Schlafqualität. Oberhalb eines empirisch bestimmten Wertes von 5 wird von "schlechter Schlafqualität" gesprochen.

Die **Wohnzufriedenheit** wurde anhand von 14 Items bestimmt, die verschiedene Aspekte des Wohngebiets beschreiben. 13 der Items wurden der Wohnzufriedenheits-Skala der Schweizer Lärmstudie 2000 (Wirth, 2004) entnommen. Drei weitere Items der Schweizer Wohnzufriedenheitsskala wurden in der RDF-Studie im Kontext einer anderen Skala verwendet (Betroffenheit durch lokale Umwelt- und Sozialprobleme) und aus der Wohnzufriedenheitsskala ausgeschlossen. Stattdessen wurde ein Item zur Zufriedenheit mit der überregionalen Verkehrsverbindung hinzugefügt. Eine explorative Faktorenanalyse (Schreckenberger & Meis, 2006) ergab die Zufriedenheitsfaktoren "*Infrastruktur*" (Einkaufsmöglichkeiten, öffentlicher Nahverkehr, Schuleinrichtungen, Freizeitmöglichkeiten, Entfernung zur Innenstadt, überregionale Verkehrsanbindung), "*Ruhe*" (Geräuschdämmung durch Fenster, Hausfassade, Ruhe im Wohngebiet), "*Attraktivität*" (Erscheinungsbild, Erholungsmöglichkeiten, Nachbarn) und schließlich "Entfernung zur Arbeit" und "Wohnungsqualität" als Restfaktoren, die zusammen 61 % der Varianz der Items aufklären. Die Zufriedenheit mit den einzelnen Wohngebietsaspekten wurde jeweils auf einer fünfstufigen Intensitätsskala nach Rohrmann (1978) mit den Ausprägungen (1) "nicht", (2) "wenig", (3) "mittelmäßig", (4) "ziemlich" und (5) "sehr" erhoben. Die Itemantworten wurden zu einem Mittelwert der Wohnzufriedenheit zusammengefasst (Cronbachs  $\alpha = .82$ ). Darüber hinaus wurde mit zwei Items die Selbsteinschätzung der Zufriedenheit mit der Wohnung und mit der Wohngegend anhand der gleichen fünfstufigen Rohrmannsskala von (1) "nicht" bis (5) "sehr" erhoben.

Einstellungen, die als potenzielle Co-Determinanten der Lärmreaktionen ("soziale Moderatoren" nach Guski, 1999) erfasst wurden, beziehen sich auf **Befürchtungen zu den Folgen des Luftverkehrs** für die Region bzw. für das eigene Wohngebiet, die mit der fünfstufigen Intensitätsskala von Rohrmann (1978) erhoben wurden (4 Items, Cronbachs  $\alpha = .86$ ).

Weiterhin wurde das **Vertrauen in das Bemühen von Verantwortlichen** um die Fluglärminderung in der Wohngegend für acht vorgegebene Institutionen anhand der fünfstufigen Rohrmann-Intensitätsskala erfasst: Flugzeughersteller, Fluggesellschaft-

ten/Fluglinien, Flughafenbetreiber (Fraport AG), kommunale Behörden, Regionales Dialogforum (RDF), Land Hessen, Fluglärmschutzbeauftragter, Industriebetriebe am Flughafen. Bis auf die Angaben zum RDF und zu den Industriebetrieben erwiesen sich die übrigen Vertrauensbeurteilungen als recht homogen und wurden zu einem Gesamtmittelwert "Vertrauen in das Bemühen von Verantwortlichen" zusammengefasst (Cronbachs  $\alpha = .86$ ).

Schließlich wurden die **Erwartungen** der befragten Personen **zu den Auswirkungen des geplanten Ausbaus des Flughafens Frankfurt** erhoben. Dazu wurden die Zustimmungen zu 11 Statements zu den Flughafenausbauwirkungen, erfasst auf einer Ratingskala von Rohrmann (1978) von (1) "trifft nicht zu" bis (5) "trifft sehr zu", zu drei Mittelwerten zusammengefasst: "*Negative Erwartungen*" (6 Items bezogen auf Schäden der Natur, Wertminderung von Immobilien, Verminderung der Schlafqualität, Verleiden des Aufenthalts im Freien; Cronbachs  $\alpha = .91$ ), "*Positive Erwartungen*" (3 Items bezogen auf Verbesserung der Lebensqualität allgemein nach dem Ausbau, Erhöhung der Attraktivität des Service-Bereiches des Flughafens für die Anwohner, Anflug attraktiverer Reiseziele nach dem Ausbau; Cronbachs  $\alpha = .71$ ) und "*Ökonomische Erwartungen*" (2 Items bezogen auf die Förderung der Weiterentwicklung der Region und Schaffung neuer Arbeitsplätze in der Region durch den Ausbau; Cronbachs  $\alpha = .76$ ).

Als personale Co-Determinanten (Guski, 1999) wurden die Lärmempfindlichkeit und die "Multimorbidität" erhoben. Die notwendige Begrenzung der Fragebogenlänge erlaubte es nicht, in der Breitenerhebung eine Mehr-Item-Skala zur **Lärmempfindlichkeit** einzusetzen. Dies erfolgte im Rahmen der Vertiefungsstudie. In der Breitenerhebung wurde eine 1-Item-Selbsteinschätzung der Lärmempfindlichkeit erfasst; ihre Lärmempfindlichkeit gaben die befragten Personen auf der fünfstufigen Intensitätsskala von Rohrmann (1978) von (1) "nicht" bis (5) "sehr" empfindlich an.

Grundlage der Variable "**Multimorbidität**" war eine Liste von 18 vorgegebenen Gesundheitsproblemen, zu der die Befragten angaben, ob die jeweilige Erkrankung bei ihnen jemals und wenn ja, in den letzten 12 Monaten diagnostiziert wurde. Die Liste der Gesundheitsprobleme wurden dem Bundesgesundheitsurvey von 1998 (Bellach et al., 1998) und der ALPNAP-Studie zu Gesundheitswirkungen von Verkehr in den Alpenregionen (Heimann et al., 2007) entnommen. Für die Analysen im Rahmen des ursprünglichen RDF-Auftrags sowie für den Publikationsbeitrag I wurden die "Jemals"-Angaben ausgewertet. Die Antworten wurden hierbei zur dichotomen Variable "Multimorbidität" zusammengefasst. Personen, die zwei oder mehr diagnostizierte Gesundheitsprobleme nannten, erhielten den Wert 1 (= hoher morbider Zustand), diejenigen die keine oder maximal eine Erkrankung nannten, erhielten

den Wert 0 (= niedriger morbider Zustand). Die Variable "Multimorbidität" diene der Identifizierung vulnerabler Subgruppen in der Stichprobe und der Kontrolle einer möglichen Konfundierung der Geräuschexpositions-Wirkungsbeziehungen, da zum einen die in der RDF-Studie untersuchte Zielvariable "gesundheitsbezogene Lebensqualität" mit der Häufigkeit chronischer Erkrankungen assoziiert ist (Bellach, Ellert & Radoschewski, 2000). Zum anderen wurde vermutet, dass berichtete Gesundheitsprobleme mit der als Moderatorvariable von Lärmreaktionen bekannten Lärmempfindlichkeit in Beziehung stehen (vgl. u. a. Fyhri & Klæboe, 2009).

Zur Stichprobenbeschreibung sowie zur Prüfung möglicher Konfundierungen der Expositions-Wirkungsbeziehungen wurden **soziodemographische Variablen** wie das Alter (Geburtsjahr), Geschlecht und der sozioökonomische Status erfasst. Zur Beschreibung des sozio-ökonomischen Status wurde der Scheuch-Winkler-Index (SWI; Winkler, 1998; Winkler & Stolzenberg, 1999) berechnet, der auf Angaben zum Haushaltsnettoeinkommen, zur Schul- und Berufsausbildung und zur beruflichen Position beruht. Nach dem Schema von Winkler (1998) werden diese Angaben zu Punktwerten von jeweils 1 bis 7 für Bildung, Beruf und Einkommen umgerechnet und zum SWI-Index im Wertebereich von 3 bis 21 aufsummiert. Höhere Werte bedeuten höheren sozio-ökonomischen Status. Üblich ist neben der Verwendung des SWI-Indexwerts die Bildung von drei SWI-Subgruppen, die als "Unterschicht" (SWI-Werte 3 bis 8), "Mittelschicht" (SWI-Werte 9 bis 14) und "Oberschicht" (SWI-Werte 15 bis 21) bezeichnet werden. Aus früheren Untersuchungen (u.a. Griefahn et al., 1999; Finke et al., 1980; Fields, 1993) ist bekannt, dass Angst vor Immobilienwertverlust ein Moderator der Expositions-Wirkungsbeziehung zur Lärmbelästigung darstellt und entsprechend Haus- bzw. Wohnungseigentümer belastigter sind als Mieter einer Wohnung bzw. eines Wohnhauses. Daher wurde auch die Frage nach dem Hauseigentum in den Fragebogen aufgenommen.

#### *2.4.4.2 Untersuchungsvariablen der Breitenerhebung und Vertiefungsstudie, behandelt im Publikationsbeitrag II*

Im Publikationsbeitrag II zu dieser Dissertationsschrift (*"The associations between noise sensitivity, reported physical and mental health, perceived environmental quality, and noise annoyance"*) steht die individuelle Disposition "Lärmempfindlichkeit" im Mittelpunkt. Deren Beziehungen zur selbstberichteten physischen und psychischen Gesundheit, zur wahrgenommenen Umweltqualität im Wohngebiet und zur Lärmbelästigung werden untersucht. Im Folgenden werden die untersuchten Variablen stichprobenartig und tabellarisch vorgestellt. Die Lärmempfindlichkeit wurde in der Vertiefungsstudie differenzierter als in der

Breitenerhebung erfasst, mit Hilfe des *Noise Sensitivity Questionnaire* (NoiSeQ, Schütte et al., 2007). Deswegen wurde auf die Befragungsdaten der teilnehmenden Personen dieser Teilstudie zurückgegriffen. Der NoiSeQ besteht aus 35 Items, die sich auf die Empfindlichkeit gegenüber Geräuschen in den fünf alltäglichen Aktivitätsbereichen Wohnen, Kommunikation, Freizeit, Arbeit und Schlaf beziehen. Bei einem weiteren 36. Item handelt es sich um die Selbsteinschätzung der Empfindlichkeit gegenüber Geräuschen (Kontrollitem). Die Antworten auf die 36 Items werden auf einer vierstufigen Skala mit den Abstufungen (0) "stimmt gar nicht", (1) "stimmt eher nicht", (2) "stimmt eher", (3) "stimmt genau" erfasst. Zur Kennzeichnung der Lärmempfindlichkeit wurden die Itemantworten zu fünf Subskalen (Mittelwerte) entsprechend der fünf Aktivitätsbereiche zusammengefasst und ein Gesamtmittelwert über alle Items gebildet. Für die Auswertungen im Rahmen des Publikationsbeitrags II wurde der Gesamt-NoiSeQ-Wert verwendet.

Neben der Fluglärmbelästigung wurden in den Analysen, dargestellt im Publikationsbeitrag II die Gesamtlärmbelästigung im Wohngebiet sowie die Belästigung durch Straßenverkehrslärm einbezogen. Alle Belästigungsurteile wurden anhand der fünfstufigen Verbalskala gemäß ICBEN-Empfehlungen (vgl. Abschnitt 2.4.4.1) erhoben.

Die Skala "**Betroffenheit durch wahrgenommene lokale Umwelt- und Sozialprobleme**" umfasst 23 Items aus der Breitenerhebung, die in einer explorativen Faktorenanalyse (Hauptkomponentenanalyse mit Varimax-Rotation) zu fünf Faktoren führten, die 57 % der Varianz aufklären. Die Betroffenheit zu allen 23 Aspekten wurde jeweils anhand einer fünfstufigen Ratingskala mit den Abstufungen (1) "gar nicht", (2) "schwach", (3) "deutlich", (4) "stark" und (5) "sehr stark" erhoben. Auf dieser Basis wurden fünf Mittelwerte für die folgenden Subskalen gebildet:

- "*Straßenverkehr*" (Verkehrsdichte, Schadstoffe von Autos, Unfallgefahr im Straßenverkehr; Cronbachs  $\alpha = .82$ );
- "*Flugverkehr*" (Schadstoffe von Flugzeugen, Fluglärm, Boden/Lebensmittel, Luftverschmutzung; Cronbachs  $\alpha = .83$ );
- "*Wirtschaftslage/Bevölkerung*" (schlechte Wirtschaftslage, Arbeitslosigkeit, Kriminalität/Gewaltverbrechen, Überalterung d. Bevölkerung, hohe Bevölkerungsdichte; Cronbachs  $\alpha = .73$ );
- "*sonstige Umwelt-/Sozialprobleme*" (schlechte Qualität des Trinkwasser, Atomkraftwerke, schlechte Verkehrsanbindung, schlechte Gerüche, wenig Kinderspielflächen, wenige Grünflächen; Cronbachs  $\alpha = .74$ );

- *"Nachbarn"* (Nachbarschaftslärm, unfreundliche Nachbarn; Cronbachs  $\alpha = .65$ ).

Der in den Auswertungen zum Publikationsbeitrag II verwendete Gesamt-Mittelwertscore aus allen Items weist ein Cronbachs  $\alpha = .90$  auf, was für eine gute interne Konsistenz der Gesamtskala spricht.

Die im Abschnitt 2.4.4.1 dargestellten Variablen aus der Breitenerhebung **"Wohnzufriedenheit"**, **"psychische Lebensqualität"** (psychischer Summenscore aus SF-12) und **"physische Lebensqualität"** (physischer Summenscore aus SF-12), **"Schlafqualität"** (PSQI-Gesamtscore), und **"Multimorbidität"** wurden auch für die Analysen im Publikationsbeitrag II verwendet. Zusätzlich wurde die Variable **"Lebenszufriedenheit"**, erfasst mit dem Fragebogen zur Lebenszufriedenheit (FLZ-A; Henrich & Gerschbach, 2000), in die Analysen einbezogen.

Für einige Regressionsanalysen wurden die gesundheitsbezogenen Variablen zur Datenreduktion einer explorativen Faktorenanalyse (Hauptkomponentenanalyse mit Varimax-Rotation) unterzogen und dabei zwei Faktoren identifiziert, die zusammen 66% der Varianz der einbezogenen Variablen erklären. Der erste Faktor wird aufgrund von Höhe und Vorzeichen der Faktorladungen als Faktor **"Körperliche Gesundheitsbeschwerden"** (im Publikationsbeitrag: *Physical health*) bezeichnet, der zweite als Faktor **"Psychisches Wohlbefinden"** (im Publikationsbeitrag: *Mental health*). Höhere Werte des Faktors **"Körperliche Gesundheitsbeschwerden"** bedeuten ein geringeres körperliches Wohlbefinden, höhere Werte des Faktors **"Psychisches Wohlbefinden"** bedeutet ein höheres psychisches Wohlbefinden.

Tabelle 4

*Faktorladungen in der Hauptkomponentenanalyse zu den gesundheitsbezogenen Variablen in der Vertiefungsstudie*

	1: Körperliche Gesundheitsbeschwerden	2: Psychisches Wohlbefinden
SF-12 Physischer Summenwert	-0.886	0.023
Anzahl von Erkrankungen (Multimorbidität)	0.836	-0.127
PSQI-Schlafqualitäts-Gesamtindex	0.428	-0.549
Lebenszufriedenheit (FLZ-Wert)	-0.131	0.697
SF-12 Psychischer Summenwert	0.081	0.889

Weiterhin wurden die **soziodemographischen Variablen** "Alter" und "Geschlecht" einbezogen.

## 3 Zusammenfassende Diskussion

### 3.1 Zusammenfassung der Ergebnisse der Publikationsbeiträge

#### 3.1.1 Ergebnisse Publikationsbeitrag I

Der Publikationsbeitrag I befasst sich mit Ergebnissen der Breitenerhebung der RDF-Studie von 2005 (Schreckenberger & Meis, 2006) zur Wirkung von Fluglärm am Flughafen Frankfurt auf die Belästigung und Lebensqualität der im Umfeld des Flughafens lebenden Wohnbevölkerung. Die höchste Korrelation weisen die Fluglärmbelästigungsurteile mit gewichteten und ungewichteten Mittelungspegeln auf, gefolgt von Korrelationen mit mittleren Maximalpegeln und NAT-Werten. Ein Vergleich der Expositions-Wirkungsbeziehung der RDF-Studie zum Prozentanteil hoch fluglärmbelästigter Personen (%HA) bezogen auf den Tag-Nachtpegel  $L_{dn}$  mit der meta-analytisch aus Daten von Fluglärmwirkungsstudien aus den Jahren 1965 bis 1992 gewonnenen Expositions-Wirkungskurve von Miedema und Oudshoorn (2001) zeigt, dass die Kurve aus der RDF-Studie höher liegt. Das heißt, in der RDF-Studie gab ein höherer Prozentsatz von Personen bei gleichem  $L_{dn}$  an, durch Fluglärm belästigt zu sein, als nach der generalisierten Expositions-Wirkungskurve von Miedema und Oudshoorn (2001) erwartet.

Der weitere Vergleich mit nach 1992 veröffentlichten Studienergebnissen zum %HA durch Fluglärm an europäischen Flughäfen verdeutlicht allerdings auch, dass sich die Ergebnisse der RDF-Studie auf etwa gleicher Höhe bewegen wie die Ergebnisse der neueren Studien.

Die Urteile zur Fluglärmbelästigung sind nicht allein mit den Luftverkehrs-Geräuschpegeln korreliert, sondern auch mit verschiedenen nicht-akustischen Faktoren. Dazu zählen das berichtete Ausmaß von Störungen von Ruhe, Kommunikation und Schlaf und die berichtete Häufigkeit von Maßnahmen gegen Fluglärm. Auch weitere auf den Luftverkehr bezogene Einstellungsfaktoren wie Befürchtungen zu den Folgen des Luftverkehrs, Erwartungen zu den Auswirkungen des geplanten Flughafenausbaus, Vertrauen in das Bemühen von Verantwortlichen um Fluglärminderung und schließlich die Wohnzufriedenheit und die individuelle Lärmempfindlichkeit kovariieren mit der Fluglärmbelästigung. Die Ergebnisse von Partialkorrelationsberechnungen legen den Schluss nahe, dass insbesondere die Wohnzufriedenheit, teilweise auch die auf den Luftverkehr und verantwortliche Akteure bezogenen Einstellungen als Sekundärreaktionen auf die Luftverkehrsgeräuschbelastung (mit der Fluglärmbelästigung

als Mediatorvariable) verstanden werden können, während die Lärmempfindlichkeit unabhängig von der Belastung durch Luftverkehrsgeräusche mit der Fluglärmbelastung assoziiert ist.

Ein Teil der erfragten gesundheitsbezogenen Variablen,

- die Werte zum psychischen Wohlbefinden, erfasst mit einer Teilskala des SF-36 (*Short Form Health Survey*, 36 Items) und dessen Kurzversion SF-12 (12 Items) und der SF-36-Skalenwert "Vitalität" (Bullinger & Kirchberger, 1998),
- der Schlafqualitäts-Indexwert des *Pittsburgh Sleep Quality Index* (PSQI; Buysse et al., 1989) und
- die berichteten Magen-, Gliederbeschwerden und der Gesamtbeschwerdedruck (Gesamtwert), erfasst mit dem 24 Items umfassenden Gießener Beschwerdebogen (GBB-24; Brähler et al., 2008),

unterscheiden sich zwischen den 5-dB-Klassen der Luftverkehrs-Dauerschallpegel für den Tag ( $L_{Aeq,16h}$ ) und für die Nacht ( $L_{Aeq,8h}$ ). Die Beziehung ist allerdings nicht-linear, genauer: umgekehrt U-förmig. Studienteilnehmende, die einem Dauerschallpegel  $L_{Aeq}$  von tagsüber zwischen 45 und 55 dB und nachts zwischen 40 und 50 dB ausgesetzt waren, berichteten bezogen auf die genannten Variablen eine höhere gesundheitliche Beeinträchtigung als Personen, die höheren oder niedrigeren Dauerschallpegeln ausgesetzt waren. Dagegen fallen die Werte der berichteten psychischen sowie körperlichen Lebensqualität (SF-12/SF-36) und Schlafqualität (PSQI) mit zunehmender Fluglärmbelastung sowie mit zunehmender individueller Lärmempfindlichkeit geringer aus, die Intensitätsurteile zu subjektiven Gesundheitsbeschwerden (GBB) entsprechend höher. Die Einflüsse der Fluglärmbelastung und der Lärmempfindlichkeit jeweils auf die berichtete gesundheitsbezogene Lebensqualität, Schlafqualität und die Gesundheitsbeschwerden zeigen sich auch in logistischen Regressionen adjustiert nach Tagesdauerschallpegeln für Straßen- und Schienenverkehrsgeräusche, Alter, Geschlecht, sozio-ökonomischen Gegebenheiten, Hauseigentum, Wohnzufriedenheit, übliche Fensterstellung nachts im Schlafzimmer und nach Anzahl von Stunden außer Haus. Vertiefende Subgruppenanalysen nach dem Generalisierten Linearen Modell mit den einzelnen Gesundheitsvariablen als abhängige Variablen und dem Tagesdauerschallpegel für Luftverkehrsgeräusche (bei der Schlafqualität: Nachtdauerschallpegel) und weiteren Personenmerkmalen als unabhängige Variablen ergaben statistisch signifikante Haupteffekte der Variable Multimorbidität und teils Interaktionen der Multimorbidität mit dem Dauerschallpegel: Personen mit zwei oder mehr chronischen Erkrankungen berichteten in nahezu allen Dauerschallpegelklassen eine geringere psychische und physische Lebensquali-



tät sowie eine verringerte Schlafqualität und einen höheren gesundheitlichen Beschwerde-  
druck als Personen mit keiner oder maximal einer chronischen Erkrankung. In der Gruppe  
von Personen, die zwei oder mehr chronische Erkrankungen angaben, wurde mit zunehmen-  
dem Luftverkehrs-Dauerschallpegel eine geringere psychische und physische Lebensqualität  
berichtet.

### **3.1.2 Ergebnisse Publikationsbeitrag II**

Im Publikationsbeitrag II werden die Ergebnisse der RDF-Vertiefungsstudie zu den  
Zusammenhängen zwischen Lärmempfindlichkeit, gesundheitsbezogener Lebensqualität,  
wahrgenommener Qualität der Wohnumwelt (Wohnzufriedenheit, Betroffenheit durch lokale  
Umwelt- und Sozialprobleme) vorgestellt.

Die Betroffenheit durch verschiedene wahrgenommene Umwelt- und Sozialprobleme so-  
wie die Wohnzufriedenheit (zusammen: Variablen der Wohn-Lebensqualität) sind mit der Ge-  
samtlärmbelästigung als auch der Belästigung durch Straßenverkehrs- und Fluglärm korre-  
liert, teilweise auch mit dem Luftverkehrs-Tagesdauerschallpegel. Dies weist auf einen  
partiellen Einfluss von Umgebungslärm auf die wahrgenommene Wohn-Lebensqualität hin.  
Ergebnisse von Partialkorrelationsanalysen zwischen Dauerschallpegel und den Wohn-  
Lebensqualitätsvariablen adjustiert nach Lärmbelästigung (jeweils gesamt und bezogen auf  
Flug- und Straßenverkehrslärm) lassen darauf schließen, dass der Einfluss der Geräuschbelas-  
tung auf die Variablen der wahrgenommenen Wohn-Lebensqualität über die Lärmbelästigung  
vermittelt wird, die Lärmbelästigung demnach eine zumindest partielle Mediatorfunktion ein-  
nimmt.

Die Variablen zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität, Schlafqualität, zur Lebenszufrie-  
denheit und Morbidität erwiesen sich in der RDF-Vertiefungsstudie als nicht mit der  
Geräuschbelastung (Tagesmittelungspegel) durch Straßen- und Luftverkehr assoziiert, mit  
Ausnahme der Schlafqualität (PSQI-Index), ebenso wenig mit der Lärmbelästigung (gesamt,  
durch Straßen- und Luftverkehr). Lediglich der PSQI-Wert zur Schlafqualität korreliert mit  
der Gesamt- und Fluglärmbelästigung.

Der jeweils quellenspezifische Tagesdauerschallpegel und die Lärmempfindlichkeit  
(NoiSeQ-Gesamtwert) erklären in multiplen Regressionsanalysen unabhängig voneinander  
jeweils die Varianz der Belästigung durch Lärm im Wohngebiet insgesamt  
(Gesamtlärmbelästigung), Straßenverkehrs- und Fluglärm. Eine Wechselwirkung zwischen  
Dauerschallpegel und Lärmempfindlichkeit wurde nicht gefunden. Lärmempfindlichkeit ist in

dieser Studie somit keine Moderatorvariable der Expositions-Belästigungsbeziehung, sondern eine additive Co-Determinante der Lärmbelästigung.

In einer linearen multiplen Regression der Lärmempfindlichkeit auf das Lebensalter, Geschlecht und die Faktoren "körperliche Gesundheitsbeschwerden" und "psychisches Wohlbefinden" stellen das Alter und die körperlichen Gesundheitsbeschwerden statistisch signifikante Einflussgrößen der Lärmempfindlichkeit dar. Danach steigt die Lärmempfindlichkeit mit zunehmendem Alter und mit größer werdenden körperlichen Gesundheitsbeschwerden. Weder hat das Geschlecht noch das psychische Wohlbefinden in der RDF-Vertiefungsstudie einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Lärmempfindlichkeit. Interaktionen zwischen diesen untersuchten Einflussgrößen wurden statistisch nicht signifikant.

Weitere Regressionsanalysen beziehen sich auf den Einfluss der Tagesmittelungspegel für Straßen- und Luftverkehrsgeräusche, der Lärmempfindlichkeit und der körperlichen Gesundheitsbeschwerden sowie des psychischen Wohlbefindens (im Sinne einer lärmunabhängigen Beeinträchtigung des Wohlbefindens bzw. Vorerkrankungen) auf die Lärmbelästigung, die Wohnzufriedenheit und die Betroffenheit durch Umwelt- und Sozialprobleme. Während die quellenspezifischen Tagesmittelungspegel und die Lärmempfindlichkeit statistisch signifikant zur Vorhersage der quellenspezifischen und Gesamtlärmbelästigung beitragen, nicht aber die gesundheitsbezogenen Faktoren, trägt umgekehrt insbesondere das psychische Wohlbefinden zur Erklärung der wahrgenommenen Umwelt- und Sozialprobleme und zur Wohnzufriedenheit bei. Die Lärmempfindlichkeit kann Teile der Betroffenheit durch luftverkehrsbezogene Umweltprobleme (Schadstoffe, Lärm) sowie den Wohnzufriedenheits-Faktor "Ruhe" (Geräuschdämmung durch Fenster, Hausfassade, Ruhe im Wohngebiet) aufklären.

### 3.1.3 Zusammenfassung Publikationsbeitrag III

Die dritte Publikation dieser Dissertation ist ein veröffentlichter Beitrag zum *Congress on Noise as a Public Health Problem der International Commission on Biological Effects of Noise* (ICBEN) von 2011 in London. In dem Beitrag "NORAH – *Study on Noise-Related Annoyance, Cognition and Health: A transportation noise effects monitoring program in Germany*" wird das Studienkonzept der NORAH-Studie vorgestellt, die in Nachfolge zur RDF-Studie als umfassende Studie zur Wirkung von Flug-, Schienen- und Straßenverkehrslärm hauptsächlich am Flughafen Frankfurt durchgeführt wurde. Sie enthält darüber hinaus Vergleiche mit den Flughäfen Berlin-Brandenburg, Köln/Bonn und Stuttgart. Die empirischen Erhebungen begannen im Jahr 2011, bevor im Oktober des Jahres die neue, vierte Landebahn

Nordwest eröffnet wurde, und fanden in den Jahren 2012 und 2013 statt, d.h. im ersten und zweiten Jahr nach Eröffnung der Landebahn und gleichzeitiger Einführung eines nächtlichen Flugverbots von 23 bis 5 Uhr.

Die NORAH-Studie besteht aus drei großen Arbeitspaketen, sogenannten "Modulen":

- *Modul 1 "Belästigung und Lebensqualität"* in dem am Flughafen Frankfurt in einer Längsschnittstudie im Jahr 2011 vor und in den Jahren 2012 und 2013 nach Eröffnung der Landebahn-Nordwest der Einfluss der Landebahneröffnung und der Einführung des Nachtflugverbots auf die Expositions-Wirkungsbeziehungen zur Fluglärmbelästigung, zu fluglärmbedingten Schlafstörungen und zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität untersucht wurde. Daneben fanden am gleichen Flughafen auf Schienen- und Straßenverkehrslärm sowie auf die Kombination je zweier Lärmarten bezogene Querschnitterhebungen zur Lärmbelästigung, Schlafstörung und Lebensqualität statt. Zudem wurden zu Vergleichszwecken entsprechende Querschnitterhebungen an den Flughäfen Köln/Bonn, Stuttgart und Berlin-Brandenburg durchgeführt. Bei allen Untersuchungspersonen wurden zu jeder Befragungswelle akustische Kenngrößen der 12-Monatsbelastung durch Flug-, Schienen- und Straßenverkehrsgeräusche wohnadressgenau berechnet.
- *Modul 2 "Gesundheit"* besteht aus drei Teilstudien, durchgeführt am Flughafen Frankfurt:
  - Eine sekundärdatenbasierte Fall-Kontroll-Studie mit vertiefender Befragung zu Risiken des Verkehrslärms auf Herz-Kreislauf-, Krebs- und Depressionserkrankungsrisiken (rückwirkend für die Jahre 1996 bis 2010);
  - ein Blutdruckmonitoring in den Jahren 2012 und 2013 zu den Auswirkungen der chronischen Belastung durch Flug-, Schienen- und Straßenverkehrslärm auf den Blutdruck und das Herzerkrankungsrisiko und schließlich
  - einer Schlafstudie, in der jährlich von 2011 bis 2013 Längs- und Querschnittsuntersuchungen zum Einfluss von Fluglärm auf den nächtlichen Schlaf mittels physiologischer Messmethoden (Polysomnographie), morgendlichen Befragungen zur Schlafqualität und ereignisbezogenen Audioaufzeichnungen und Messungen der Luftverkehrsgeräuschbelastung am Ohr der schlafenden Probanden durchgeführt wurden.
- *Modul 3 "Kognitive Leistungen und Lebensqualität von Kindern"*, in dem der Einfluss des Fluglärms im Jahr 2012 am Flughafen Frankfurt auf kognitive Leistungen von Zweitklässlern (phonologische Informationsverarbeitung, Leseleistung, auditives Ge-

dächtnis, nicht-sprachliche Fähigkeiten) und deren Belästigung und Lebensqualität mittels Testverfahren in der Schule sowie Befragungen der Kinder, Eltern und Lehrer untersucht wurde. Den Leistungs- und Lebensqualitätsvariablen wurden die adressgenau berechneten Verkehrsgeräuschpegel am Schulstandort und am Wohnstandort zugeordnet.

Mit dem umfangreichen Themenprogramm der NORAH-Studie sowie den vielfältigen Methoden (physiologische Messungen, Sekundärdatenanalysen, Befragungen, psychologische Testverfahren, Berechnungen und Messungen akustischer Kenngrößen) und dem Mix aus Längs- und Querschnittsstudien sollte der Kritik an vorangegangenen Feldstudien zur Fluglärmwirkung mit dem überwiegenden Querschnittscharakter, der Konzentration auf einzelne Wirkungsbereiche, der Methodenarmut (meist nur Befragungen) und auf eine Quellenart (nur Fluglärm statt Flug-, Schienen- und Straßenverkehrslärm einzeln und in Kombination) begegnet werden. Zudem sollte mit der NORAH-Studie die Möglichkeit genutzt werden, im Längs- und Querschnittsvergleich den Einfluss der maßnahmenbedingten Veränderung der Geräuschbelastung am Flughafen Frankfurt (Landebahneröffnung, Einführung Nachtflugverbot) auf Veränderungen in der Lärmbelästigung, Wohn- und Lebensqualität, Schlafstörungen und berichteter Gesundheit zu untersuchen. Der Kongressbeitrag zur NORAH-Studie beschreibt die zu beantwortenden Fragestellungen und die geplanten Designs der Teilstudien. Die Endberichte, gerichtet an den Auftraggeber der Studie, das Gemeinnützige Umwelt- und Nachbarschaftshaus UNH, Kelsterbach, das für das Forum Flughafen und Region am Flughafen Frankfurt die Auftraggeberschaft übernommen hat, wurden im Oktober 2015 fertiggestellt und stehen auf den Webseiten [www.laermstudie.de](http://www.laermstudie.de) sowie [www.norah-studie.de](http://www.norah-studie.de) der Öffentlichkeit zum Download zur Verfügung. Erste Teilergebnisse wurden publiziert zu

- akustischen Fragestellungen (Möhler et al., 2016; Liepert Möhler, Mühlbacher, Thomann & Schreckenberger, 2017),
- der Fallkontrollstudie über verkehrslärmbedingte Erkrankungsrisiken (Seidler et al., 2016a, 2016b; Seidler et al., 2017; Seidler et al., 2018; Zeeb et al., 2017),
- der physiologisch gemessenen Schlafqualität unter Fluglärm (Elmenhorst, Müller, Mendolia, Quehl & Aeschbach, 2016; Quehl, Müller & Mendolia, 2016),
- den kognitiven Leistungen und der Lebensqualität von Grundschulkindern unter Fluglärm (Klatte et al., 2017; Spilski et al., 2017),
- dem Einfluss von Verkehrslärm auf den Blutdruck (zur Nieden et al., 2016a, 2016b, 2017),

- der Gesamtlärmbelastigung durch kombiniert auftretenden Verkehrslärm (Wothge, Belke, Möhler, Guski & Schreckenberg, 2017),
- Detailfragen der Entwicklung einer Multi-Item-Belästigungs-Skala (Schreckenberg, Belke, Spilski & Guski, 2017a; Schreckenberg et al., 2018),
- dem Zusammenhang zwischen Fluglärmbelastigung und psychischem Wohlbefinden (Schreckenberg, Benz, Belke, Möhler & Guski, 2017b) und zur Kausalrichtung,
- der Kausalrichtung des Zusammenhangs zwischen Vertrauen in Verantwortliche und der Fluglärmbelastigung (Schreckenberg, Benz, Kuhlmann, Conrady & Felscher-Suhr, 2017c).

Weitere Publikationen sind vorgesehen. Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen die in der RDF-Studie untersuchten Wirkungen akustischer und nicht-akustischer Faktoren auf die Beeinträchtigung durch Fluglärm. Darüber hinaus zeigen sie für andere als selbstberichtete Lärmwirkungen, z.B. Krankheitsdiagnosen (Versicherungsdaten), physiologisch gemessene Schlafqualität und kognitive Leistungen von Kindern, Expositions-Wirkungsbeziehungen zum Fluglärm und anderen Verkehrslärmarten und auch Assoziationen mit nicht-akustischen Faktoren (z.B. Assoziation zwischen Einstellung zum Luftverkehr und Schlafparametern; Elmenhorst et al., 2016).

## 3.2 Diskussion

### 3.2.1.1 Belästigung durch Fluglärm

Der Anteil der Menschen, die durch Fluglärm am Flughafen Frankfurt hoch belästigt werden (Publikationsbeitrag I), ist den Daten der RDF-Studie zufolge höher als anhand der generalisierten Expositions-Wirkungskurve von Miedema & Oudshoorn (2001) zu erwarten wäre, entspricht aber gleichzeitig in etwa den Größenordnungen nach 1992 veröffentlichter Studienergebnisse.

Dies bestätigen auch die Ergebnisse eines für die WHO-Umgebungs-lärm-Leitlinie (WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region) erstellten systematischen Reviews zur Belästigung durch Umgebungs-lärm (Guski, Schreckenberg & Schuemer, 2017), wonach beim Fluglärm die %HA-Werte der RDF-Studie (in Abbildung 5 "Air Frankfurt 2005") bezogen auf den  $L_{den}$  etwa in Höhe der meta-analytisch abgeschätzten WHO-%HA-Kurve zur Fluglärm-belastigung (schwarze Kurve in Abbildung 5 "Regr WHO full dataset") liegen.

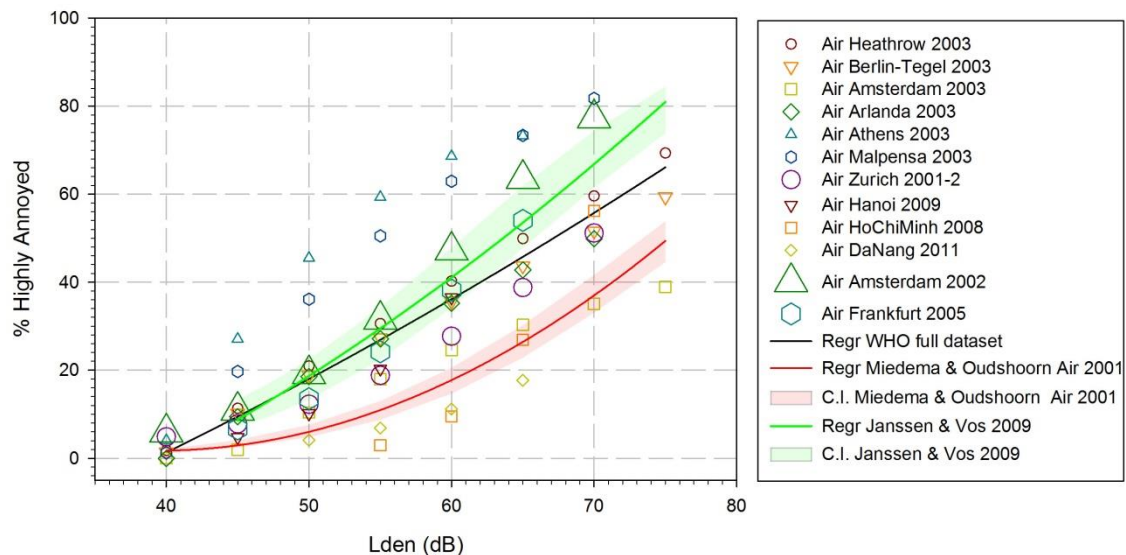


Abbildung 5. Streudiagramm und quadratische Regression (schwarze Regressionskurve) zur Beziehung zwischen kalkulierten %HA-Werten aus 12 Fluglärmwirkungsstudien, dem  $L_{den}$ , den generalisierten Expositionswirkungsfunktionen zum %HA-Anteil Fluglärm-belästigter nach Miedema & Oudshoorn (2001; rote Kurve) und Janssen & Vos (2009; grüne Kurve). (Quelle: Guski, Schreckenber & Schuemer, 2017, Fig. 2)

### 3.2.1.2 Zusammenhang zwischen nicht-akustischen Variablen und Fluglärm-belästigung

Ein weiterer wesentlicher Befund, dargestellt im Publikationsbeitrag I, ist der Zusammenhang zwischen nicht-akustischen Variablen und der Belästigung durch Fluglärm. Die im Rahmenmodell zur Fluglärm-belästigung postulierten Assoziationen zwischen Aktivitätsstörungen sowie Einstellungen zur Lärmquelle und verantwortlichen Akteuren (Vertrauen) und der Fluglärm-belästigung werden durch die Ergebnisse bestätigt. Bei dem erhobenen Grad der Aktivitätsstörungen durch Fluglärm (Kommunikations-, Ruhestörungen innen/außen, Schlafstörungen) sinken die Koeffizienten der Partialkorrelation deutlich gegenüber der Produkt-Moment-Korrelation sowohl zwischen den Störungsurteilen und dem  $L_{den}$  bei Herausparsialisierung der Fluglärm-belästigung. Auch zwischen der Fluglärm-belästigung und dem  $L_{den}$  werden die Zusammenhänge kleiner, wenn die jeweiligen Aktivitätsstörungen herausgerechnet werden. Das bedeutet, dass eine klare Ableitung der Kausalrichtung im Sinne von Aktivitätsstörungen als Mediatoren des Einflusses des Geräuschpegels auf die Lärm-belästigung (vgl. u.a. Stallen, 1999) anhand der operationalisierten Störungsvariablen und angesichts des Querschnittscharakters der RDF-Studie nicht möglich ist. Die Partialkorrelationen sprechen eher dafür, dass der jeweilige erhobene Grad der fluglärmbedingten Aktivitätsstörungen und die Fluglärm-belästigung kaum voneinander zu trennen sind, worauf Van Kamp (1990) bereits hingewiesen hat.

Entsprechend konnten Kroesen & Schreckenberg (2011) mittels einer Strukturgleichungsanalyse der RDF-Daten zeigen, dass die fluglärmbedingten Aktivitätsstörungen und die Fluglärmbelästigung neben fluglärm- bzw. luftverkehrsbezogenen Befürchtungen als Teile des übergeordneten latenten Konstrukts einer generalisierten Lärmreaktion (*general noise reaction*) konzeptualisiert werden können. Schließlich entspricht es auch der zusammenfassenden Definition der Lärmbelästigung von Guski et al. (1999), wonach die Lärmbelästigung ein komplexes Konstrukt darstellt, das als Aspekte wiederholte Störungen aufgrund von Lärm, eine affektive, evaluative Reaktion und die wahrgenommene (verlorene) Kontrolle als kognitive Reaktion enthält (vgl. Abschnitt 1.2.3). Orientiert an dieser Definition der Lärmbelästigung wurde inzwischen im Rahmen einer ex-post-Analyse von Befragungsdaten der NORAH-Studie zur Fluglärmbelästigung eine Mehr-Item-Skala zur Fluglärmbelästigung (*MIAS, multiple-item annoyance scale*) entwickelt und validiert (Schreckenberg et al., 2017a, 2018). Die Ergebnisse der von den Autoren vorgenommenen explorativen und konfirmatorischen Faktoranalysen bestätigen die hierarchische Faktorenstruktur des Konstrukts "Fluglärmbelästigung" bestehend aus den Subdimensionen "fluglärmbedingte Störungen", "(affektive) Belästigungsreaktion" und "wahrgenommenes Lärmbewältigungsvermögen".

Einige der weiteren nicht-akustischen Einstellungsfaktoren sind, wie hypothetisiert, mit der Fluglärmbelästigung assoziiert, aber auch mit der Luftverkehrsgeräuschexposition. Dazu gehören insbesondere negative Erwartungen zur Wohnsituation nach dem Flughafenausbau, luftverkehrsbezogene Ängste und Befürchtungen (vor Flugzeugabsturz, geringer Überflughöhe, Immobilienwertverlust, Gesundheitsgefahren durch Kerosin) und Vertrauen in das Bemühen verantwortlicher Akteure. Das bedeutet, dass diese Einstellungen keine "reinen" Co-Determinanten darstellen, die unabhängig von der Geräuschbelastung additiv zu ihr oder als Moderatoren in Wechselwirkung mit der Geräuschbelastung auf die Fluglärmbelästigung einwirken. Diese Faktoren können eine Mediatorwirkung haben, d. h. (partiell) zwischen der Geräuschbelastung und der Fluglärmbelästigung vermitteln oder es handelt sich um sekundäre Reaktionen auf Lärm, mit der Lärmbelästigung als Mediator oder es kann ein rekursiver Prozess unterstellt werden. Die Veränderungen der Partialkorrelationen, dargestellt im Publikationsbeitrag I zeigen, dass die Korrelation zwischen den Einstellungsvariablen und dem Fluglärmpegel  $L_{\text{den}}$  nach Herauspartialisierung der Fluglärmbelästigung stärker sinkt als die Korrelation zwischen Fluglärmbelästigung und dem  $L_{\text{den}}$  nach Herauspartialisierung der jeweiligen Einstellungsvariable. Das könnte ein Hinweis darauf sein, dass die Daten eher für die Lärmbelästigung als Mediator zwischen der Geräuschexposition und den weiteren Einstellungsvariablen sprechen als umgekehrt. Kroesen et al. (2010) kommen anhand einer Struk-

turgleichungsanalyse von Paneldaten zur Fluglärmbelästigung am Flughafen Amsterdam Schiphol ebenfalls zu dem Ergebnis, dass im Strukturgleichungsmodell keiner der Pfade von Einstellungsvariablen zum Messzeitpunkt 1 (April 2006) zur Fluglärmbelästigung zum Messzeitpunkt 2 (April 2008) signifikant wurde, umgekehrt aber Pfade von der Fluglärmbelästigung zum Messzeitpunkt 1 zu zwei der Einstellungsvariablen zum Messzeitpunkt 2 signifikant wurden, nämlich (1) zu der Besorgnis über negative Gesundheitseffekte von Lärm und (2) zu der Meinung, dass der Lärm vermeidbar gewesen wäre.

Mit einem vergleichbaren Ansatz der Strukturgleichungsanalyse haben Schreckenberget al. (2017c) anhand von Längsschnittdaten der NORAH-Studie vor und nach Eröffnung der Landebahn Nordwest am Flughafen Frankfurt ( $n = 3.508$ ) den Zusammenhang zwischen Luftverkehrsgeräuschpegeln ( $L_{Aeq,24h}$ ), Fluglärmbelästigung und dem Vertrauen in Verantwortliche untersucht. Das Vertrauen in Verantwortliche, dass sie sich um eine Minderung der Fluglärmbelästigung bemühen, wurde dabei als Mittelwert aus fünf Items zum Vertrauen in die Institutionen Flugzeughersteller, Luftverkehrsunternehmen (Fluglinien), Fraport AG, Kommunen, Land Hessen erfasst. Ihre Ergebnisse zeigen, dass das Vertrauen in das Bemühen von Verantwortlichen und die Fluglärmbelästigung reziprok aufeinander bezogen sind. Dabei ist die Effektstärke des Vertrauens zum ersten Messzeitpunkt in 2011, vor Eröffnung der Landebahn, auf die Fluglärmbelästigung in 2012, nach Eröffnung der Landebahn, stärker als danach, d.h. als der Effekt des Vertrauens in 2012 auf die Fluglärmbelästigung in 2013. Die Autoren schließen daraus, dass es sich bei der Assoziation zwischen Vertrauen in Verantwortliche und Fluglärmbelästigung um einen dynamischen, reziproken Prozess handelt, bei dem die Stärke der Kausalrichtung situationsabhängig variiert. Insbesondere im Falle von anstehenden Veränderungen in der Lärmsituation (hier: Eröffnung einer neuen Landebahn) gewinnt dabei das Vertrauen/Misstrauen in das Bemühen von Verantwortlichen an Bedeutung im Einfluss auf die (spätere) Lärmbelästigung. Inwieweit diese Art reziproker Beziehungen und die Dynamik in der Kausalrichtung und -stärke auch für andere in der NORAH-Studie erhobenen Einstellungsvariablen (Erwartungen/Befürchtungen zum Flugverkehr, wahrgenommene prozedurale Fairness der Entscheidungen zum Flugverkehr, Fluglärm) gilt, ist in der NORAH-Studie noch nicht analysiert worden.

Die Relation zwischen nicht-akustischen Faktoren und Lärmwirkungen zeigt sich auch für nicht selbstberichtete Lärmwirkungen. So ergaben Analysen im Rahmen der NORAH-Studie zum Einfluss von Fluglärm auf die physiologisch gemessene Schlafqualität einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der Einstellung zum Luftverkehr und verschiedenen Schlafparametern (Elmenhorst, Müller, Mendolia, Quehl & Aeschbach, 2016): Bei Personen



mit einer negativen Einstellung zum Luftverkehr waren im Vergleich zu jenen mit einer positiven Einstellung die Einschlafdauer sowie die Dauer von Wachphasen nach Schlafbeginn verlängert und die Schlaffeffizienz (Prozentanteil der Schlafdauer an der Liegezeit im Bett) als auch die Schlafdauer (in Minuten) kürzer. Die Autoren betonen hierbei allerdings auch, dass die Kausalrichtung der gefundenen Zusammenhänge unklar ist.

### 3.2.1.3 Fluglärmwirkung auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität

Die RDF-Studie hat weiterhin gezeigt, dass neben Störungen und Belästigung durch Fluglärm weitere Wirkungen in Bezug auf die Lebensqualität auftreten: Ein Ergebnis ist, dass die psychische und körperliche Lebensqualität mit der Fluglärmbelästigung als auch der Lärmempfindlichkeit assoziiert ist. Dies ist im Einklang mit Studien z. B. von Dratva et al. (2010), Shepherd et al. (2010), Van Kamp et al. (2007), die zeigen konnten, dass die Belästigung durch Verkehrslärm mit der gesundheitsbezogenen Lebensqualität korreliert ist.

Weiterhin ergab die RDF-Studie, dass die gesundheitsbezogene Lebensqualität mit zunehmendem Geräuschpegel ( $L_{pAeq}$ ) in der Gesamtstichprobe statistisch nicht signifikant verringert war. Allerdings berichteten diejenigen Personen, die angaben, zwei oder mehr chronische Erkrankungen zu haben, auch eine geringe gesundheitsbezogene, sowohl psychische als auch physische Lebensqualität. Der direkte Zusammenhang zwischen Geräuschpegel und gesundheitlichem Wohlbefinden ist demnach nicht ganz so eindeutig bzw. nur in einer vulnerablen Subgruppe erkennbar. Auch dieser Sachverhalt ist im Einklang mit der wissenschaftlichen Fachliteratur. Während etwa Black, Black, Issarayangyun und Samuels (2007) bei Anwohnern des Flughafens Sydney eine Geräuschpegel-Lebensqualitäts-Assoziation bei Erfassung der Lebensqualität mit dem SF-36 aufzeigen konnten, ergaben sich entsprechende direkte Zusammenhänge am Flughafen Amsterdam-Schiphol in der Studie von Van Kamp et al. (2007) nicht. Van Kamp et al. (2007) hatten die gesundheitlichen Beschwerden mit einer Kurzform des *General Health Questionnaire*, dem GHQ12, erhoben. Entsprechend wird in Reviews zum direkten Einfluss von Geräuschpegeln auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität, insbesondere zum Einfluss auf das psychische Wohlbefinden von "mixed" (Clark, Myron, Stansfeld & Candy, 2007) oder "inconsistent evidence" gesprochen (Van Kamp & Davies, 2008). Anhand von getrennten Strukturgleichungsmodellen von Querschnittsdaten einer Kohorte von 1.375 Personen (*Baseline*-Erhebung in 2008; 1.122 Personen davon in einer *follow-up*-Erhebung ein Jahr später) aus der Region von Basel zur Wirkung von Straßenverkehrslärm machen Héritier et al. (2014) deutlich, dass die berechnete Straßenverkehrsgeräuschbelastung lediglich vermittelt über die Belästigung durch Straßenver-

kehrslärm und den in Folge daraus auftretenden Schlafstörungen einen Effekt auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität hat (erfasst mit dem SF-36 und der Beschwerden-Liste B-LR von Von Zerssen & Petermann, 2011). Dies bestätigt zunächst Aussagen, wonach Studienergebnisse zur Wirkung von Lärm auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität darauf hinweisen, dass die Lebensqualität eher mit lärmbedingten Belästigungs- und Störungsreaktionen als mit den Geräuschpegeln kovariiert (Job, 1988; Shepherd et al., 2010; Van Kamp & Davies, 2008).

Allerdings wird auch die umgekehrte Kausalrichtung diskutiert, nämlich, dass Personen mit geringerer (negativerer) Ausprägung in der gesundheitsbezogenen, psychischen und/oder physischen Lebensqualität zur Gruppe vulnerabler Personen gehören, die über geringere Ressourcen verfügen, den Lärm zu bewältigen und demzufolge mit höheren Lärmbelastungsurteilen auf Geräuschbelastungen reagieren (Babisch et al, 2003; Fyhri & Klæboe, 2009; Stansfeld, 1992; Tarnopolsky et al., 1978; Van Kamp et al., 2013). Diese Sichtweise wird gestützt durch Studien, in denen der Zusammenhang zwischen Geräuschpegel und Gesundheitsangaben sehr gering bzw. statistisch nicht signifikant ist, dagegen aber eine Kovariation von Gesundheitsbeschwerden bzw. gesundheitsbezogene Lebensqualität und der Disposition der individuellen Lärmempfindlichkeit aufgezeigt wurde; ein Befund, der sich auch in der RDF-Studie zeigt. Dies wiederum führt in der wissenschaftlichen Fachliteratur zu der Annahme, dass die Lärmempfindlichkeit als Teil einer generellen Vulnerabilität im Sinne der von Van Kamp und Davies (2013) formulierten Definition einer erhöhten Anfälligkeit gegenüber körperlichen und psychischen (emotionalen) Verletzungen, Angriffen oder Einwirkungen durch belastende, schädliche Faktoren verstanden wird: "*Vulnerability refers to the susceptibility of a person, group, society or system to physical or emotional injury or attack. It has also been described as the degree to which people, property, resources, systems and cultural, economic, environmental and social activity is susceptible to harm, degradation or destruction on being exposed to a hostile agent or factor.*" (Van Kamp & Davies, 2013, p. 153).

Die zu dieser Perspektive im Publikationsbeitrag II vorgestellten Ergebnisse vertiefender Analysen der RDF-Studiendaten bestätigen zumindest den Zusammenhang der Lärmempfindlichkeit mit der physischen Lebensqualität bezogen auf die RDF-Substichprobe von 190 Personen, in der Gesamtstichprobe der RDF-Studie (Publikationsbeitrag I) darüber hinaus auch mit der psychischen Lebensqualität. Allerdings konnten Geräuschpegel und Lärmempfindlichkeit, nicht aber die (allgemeineren) Gesundheitsangaben, die lärmspezifischen Variablen wie Lärmbelästigung und Wohnzufriedenheitsfaktor "Ruhe" vorhersagen,

während die Angaben zur psychischen und physischen Gesundheit, nicht aber die Lärmempfindlichkeit, zur Erklärung der Betroffenheit durch (nicht lärmbezogene) Umwelt- und Sozialprobleme und der Wohnzufriedenheit beitrugen. Diese Ergebnisse schließen zwar die Annahme von der Lärmempfindlichkeit als Teil einer allgemeineren Vulnerabilität oder – wie im Publikationsbeitrag II diskutiert – die Annahme von Lärmempfindlichkeit und selbstberichteten Gesundheitsbeschwerden als Teile der psychischen Dimension "negative Affektivität" nicht aus. Sie zeigen aber, dass die Menschen einerseits bei der (kritischen) Beurteilung der Qualität und dem Wohlbefinden in ihrer Wohnumgebung offenbar gut zwischen den verschiedenen Aspekten des Wohnumfelds differenzieren können und sich andererseits dabei Vulnerabilitäten auch bereichsspezifisch äußern, es also weiterhin sinnvoll erscheint, Vulnerabilität gegenüber Umwelt- und Gesundheitsbelastungen bereichsspezifisch zu erfassen.

Aus dem Ergebnis, dass die Lärmempfindlichkeit besser als Variablen, die eine allgemeinere gesundheitsbezogene Vulnerabilität widerspiegeln, zur Vorhersage lärmspezifischer Variablen wie der Lärmbelästigung geeignet ist, kann nicht der Schluss gezogen werden, dass die Lärmempfindlichkeit mit der sensorischen Empfindlichkeit in der auditiven Wahrnehmung von Geräuschen gleichzusetzen ist. Ellermeier, Eigenstetter und Zimmer (2001) konnten in einem Laborexperiment zeigen, dass Unterschiede in der Lärmempfindlichkeit nicht mit sensorischen Unterschieden in der absoluten oder differenziellen auditiven Empfindlichkeit (*hearing sensitivity*) einhergehen. Die Autoren fanden im Ergebnis keine Zusammenhänge zwischen der Lärmempfindlichkeit und der absoluten und differenziellen Hörschwelle, auditiven Reaktionszeit und der anhand der *Magnitude-Estimation*-Skala beurteilten Lautheit. Nach Anwendung der Signal-Entdeckungs-Analyse auf kategoriale Lautheitsurteile ergaben sich keine Unterschiede zwischen den Lärmempfindlichkeitsgruppen in der sensorischen Lautheitsdiskriminierung. Lediglich bei der Beurteilung der Unangenehmheit von Geräuschen zeigte sich, dass hoch Lärmempfindliche gegenüber niedrig Lärmempfindlichen die vorgegebenen Geräusche als unangenehmer beurteilten. Ellermeier et al. (2001) schlossen daraus, dass sich die Lärmempfindlichkeit eher auf die Bewertung von Geräuschen, nicht aber auf deren sensorische Wahrnehmung bezieht. Diese Schlussfolgerung unterstützt das Verständnis von der Lärmempfindlichkeit als bereichsspezifische Vulnerabilitätsvariable im Sinne von Van Kamp & Davies (2013), wonach die Vulnerabilität eine Anfälligkeit gegenüber Verletzungen, Angriffen oder Einwirkungen durch belastende, schädliche Faktoren darstellt. Dazu müssen z. B. Umweltfaktoren wie Umgebungsgeräusche als belastend oder schädlich und deren Einwirkung als körperlich, psychisch (emotional) verletzend *bewertet* werden. Aus

transaktionalen Stresstheorie nach Lazarus (Lazarus & Folkman, 1984) ergibt sich, dass nicht nur die Intensität eines belastenden Faktors für die Beurteilung der Schädigung relevant ist, sondern auch die Einschätzung der verfügbaren psychischen und physischen Ressourcen, um die von dem betreffenden Faktor ausgehenden Belastungen zu bewältigen. In dem Zusammenhang ist ein Befund aus der Re-Analyse von Befragungsdaten der NORAH-Studie interessant, wonach die berichtete Lärmempfindlichkeit stärker mit einem Faktor, der aus Items zum wahrgenommenen Lärmbewältigungsvermögen gebildet wurde, korreliert als mit einem Faktor, der aus berichteten fluglärmbedingten Aktivitätenstörungen gebildet wurde (Schreckenberg et al., 2018). Das unterstreicht, dass die Lärmempfindlichkeit über eine rein sensorische Empfindlichkeit und auch über eine Bewertung ausschließlich des Schalls hinausgeht und eine Bewertung des Kontextes (der Lärmsituation einschließlich verfügbarer eigener Ressourcen) einschließt.

Längsschnittanalysen sind eher noch als die Auswertung von Querschnittsdaten dazu geeignet, den zeitlichen Verlauf von Zusammenhängen aufzuzeigen und daraus Annahmen zur Kausalrichtung abzuleiten. Wie erwähnt untersuchten Héritier et al. (2014) in Strukturgleichungsmodellen den Zusammenhang zwischen Geräuschpegeln des Straßenverkehrs, der Straßenverkehrslärmbelastung, Schlafstörungen und gesundheitsbezogener Lebensqualität und konnten die Mediatorrolle der Straßenverkehrslärmbelastung und berichteten Schlafstörungen im Einfluss der Geräuschbelastung auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität aufzeigen. Obwohl Längsschnittdaten (zwei Erhebungen im Abstand von einem Jahr) zur Verfügung standen, führten die Autoren allerdings lediglich getrennte Strukturgleichungsmodellierungen mit den *Baseline*- und den *Follow-up*-Daten durch.

Anhand der Längsschnittdaten aus dem Modul 1 der NORAH-Studie mit Daten von 3.508 Personen im Umfeld des Flughafen Frankfurt untersuchten Schreckenberg et al. (2017b) im Rahmen eines *cross-lagged-panel designs* (Cook & Campbell, 1976) die gegenseitige Beziehung zwischen der Geräuschbelastung durch den Luftverkehr (24-Stunden Dauerschallpegel  $L_{Aeq,24h}$ ), der Fluglärmbelastung (erfasst mittels 5-stufiger ICBEN-Skala) und der psychischen Lebensqualität (SF8- *mental composite score* MCS). Die Daten wurden in 2011 vor Eröffnung der Landebahn Nordwest sowie danach in 2012 und 2013 erhoben. Dabei modellierten die Autoren den Einfluss des  $L_{Aeq,24h}$  und der Fluglärmbelastung zum ersten Messzeitpunkt t1 auf die psychische Lebensqualität (MCS) zum zweiten Messzeitpunkt t2, kontrolliert um den MCS-Wert von t1 und der Änderung in der Geräuschbelastung zwischen t1 und t2 (Residuum aus der Regression des  $L_{Aeq,24h}$  t2 auf den  $L_{Aeq,24h}$  t1). Ebenso modellierten sie im gleichen integrierten Strukturgleichungsmodell den Einfluss des  $L_{Aeq,24h}$  t1 und des

MCS-Werts  $t_1$  auf die Fluglärmbelästigung  $t_2$ , kontrolliert um den Effekt der Fluglärmbelästigung  $t_1$  und der Änderung in der Geräuschbelastung zwischen den Messzeitpunkten. Diese modellierten Beziehungen wurden in drei Strukturgleichungsmodellen mit unterschiedlicher Definition der Erhebungswellen als  $t_1$  und  $t_2$  untersucht: (A)  $t_1 = 2011$ ,  $t_2 = 2012$ ; (B)  $t_1 = 2011$ ,  $t_2 = 2013$ ; (C)  $t_1 = 2012$ ,  $t_2 = 2013$ . Während die Modelle A und B zwischen den Messzeitpunkten  $t_1$  und  $t_2$  die Änderung im Fluglärm aufgrund der Landebahneröffnung beinhalten, ist dies beim Modell C nicht der Fall. Die Ergebnisse zeigen, dass Fluglärmbelästigung und psychische Lebensqualität in allen Modellen A bis C reziprok aufeinander bezogen sind. Weiterhin zeigt sich ein deutlicher Mediationseffekt der Fluglärmbelästigung im Einfluss der Luftverkehrsgeräuschbelastung auf die Lebensqualität, während die psychische Lebensqualität selbst unabhängig vom Geräuschpegel einen Effekt auf die Fluglärmbelästigung ausübt. Ferner wird deutlich, dass in den Modellen A und B, die zwischen den Messzeitpunkten eine Änderung aufgrund der Landebahneröffnung beinhalten, die residuale Änderung in der Geräuschbelastung einen Effekt auf die psychische Lebensqualität hat. Darüber hinaus hat im Modell A mit den Messzeitpunkten 2011 und 2012 auch die absolute Geräuschbelastung  $L_{Aeq,24h}$  zum Zeitpunkt 2011 einen Einfluss auf die psychische Lebensqualität. In dem Moment also, in dem am Flughafen eine Änderung im Luftverkehr und der daraus resultierenden Geräuschbelastung durch Eröffnung einer Landebahn (und gleichzeitiger Einführung eines Flugverbots von 23 bis 5 Uhr) erfolgt, wird der Geräuschpegel sowie dessen residuale Änderung für die (allgemeinere) psychische Lebensqualität relevant. Diese Ergebnisse zeigen die Komplexität und zeitliche bzw. situative Dynamik in der Beziehung zwischen Geräuschbelastung, Bewertung der bzw. Reaktion auf die Geräuschbelastung (Lärmbelästigung) und der weiteren gesundheitsbezogenen (hier: psychischen) Lebensqualität. Dies ließ sich anhand der Ergebnisse der RDF-Studie mit den unterschiedlichen Teilanalysen mit wechselnden abhängigen und unabhängigen Variablen (mal Belästigung, mal Lärmempfindlichkeit, mal gesundheitliche Lebensqualität/Beschwerden) bereits erahnen, jedoch erlaubte der Querschnittscharakter der RDF-Studie noch keine eindeutigen Rückschlüsse auf eine bestimmte Kausalrichtung oder gar wechselseitige Beziehung.

### *3.2.1.4 Der Change-Effekt in der Fluglärmbelästigung*

Die RDF-Studie wurde an einem Flughafen durchgeführt, der sich zum Zeitpunkt der Erhebungen in einer besonderen Situation befand: 1998 wurde der Bedarf zur Erweiterung des Frankfurter Flughafens durch Bau einer weiteren, vierten Flugbahn (Landebahn Nordwest) angekündigt, es folgten über die nächsten 13 Jahre Mediationsverfahren, Einrichtung

von Dialogforen, Raumordnungsverfahren, Planfeststellungsverfahren, Änderung des Landesentwicklungsplans von Hessen und schließlich im Oktober 2011 die Eröffnung der neuen Landebahn Nordwest. Die Erhebungen zur RDF-Studie fanden in 2005 während des Planfeststellungsverfahrens statt, das mit dem Beschluss vom 18.12.2007 endete. Zum Erhebungszeitpunkt befand sich der Flughafen Frankfurt demnach in der Phase einer (bevorstehenden) Änderung im Flugbetrieb und damit zu erwartenden Veränderungen des Fluglärms. Aus Untersuchungen insbesondere zur Wirkung von Verkehrslärm ist bekannt, dass sich nach Eintritt einer Änderung in der Geräuschbelastung die Lärmbelastung in Richtung der Belastungsänderung "überschießend" ändert, d.h. die Expositions-Wirkungskurve nach der Änderung gegenüber der vor der Änderung in Richtung der Belastungsänderung verschoben ist (zusammenfassend Brown & Van Kamp 2009a, 2009b).

Es besteht weiterhin die Vermutung, dass an einem Flughafen, an dem angekündigte Ausbauplanungen erfolgen, die Fluglärmbelastung bereits vor den ausbaubedingten Änderungen erhöht ist, da sie im Zusammenhang mit den Erwartungen zu den Auswirkungen des geplanten Ausbaus stehen (Schuemer & Schreckenber, 2000; vgl. Abschnitt 1.3). Diese Annahme scheint sich durch die im Publikationsbeitrag I dargestellten Ergebnisse zu bestätigen, sofern man die in einer Sekundäranalyse abgeschätzte, generalisierte Expositions-Wirkungskurve zum %HA-Anteil fluglärmbelästigter Personen von Miedema und Oudshoorn (2001) als Vergleichsmaßstab heranzieht. Die in der RDF-Studie ermittelte Expositions-Wirkungskurve zum Anteil hoch belästigter Personen liegt oberhalb der generalisierten Kurve von Miedema und Oudshoorn (2001).

Zwar wird angenommen, dass es einen generellen zeitlichen Trend im Anstieg der Fluglärmbelastung gibt (Babisch et al., 2009; Guski, 2004; Janssen & Vos, 2009; Van Kempen & Van Kamp, 2005), der nicht durch veränderte Erhebungsmethoden erklärt werden kann (Janssen, Vos, Van Kempen, Breugelmans & Miedema, 2011). Gjæstland, Gelderblom, Fidell und Berry (2015) weisen allerdings darauf hin, dass in jüngerer Zeit vermehrt Fluglärmstudien an Flughäfen in Änderungssituationen durchgeführt wurden und der dabei auftretende *Change*-Effekt die höhere Fluglärmbelastung im Vergleich zur generalisierten Kurve von Miedema und Oudshoorn (2001) erklärt.

Entsprechend greifen Gelderblom, Gjæstland, Fidell und Berry (2017) die von Janssen und Guski (*in print*) vorgenommene Unterscheidung zwischen "*low-rate change airports*" (LRC Flughäfen) und "*high-rate change airports*" (HRC Flughäfen) auf und untersuchen die Fluglärmbelastung im Zeitverlauf, unterschieden nach Studien an LRC- und HRC-Flughäfen. HRC-Flughäfen sind dabei definiert als solche mit einer abrupten Änderung, d.h. einer

signifikanten und permanenten Abweichung im Trend der Flugbewegungen vom typischen Trend an dem betreffenden Flughafen innerhalb von drei Jahren vor und nach einer Lärmwirkungsstudie am entsprechenden Flughafen. LRC-Flughäfen sind entsprechend jene, bei denen etwaige Änderungen in den Flugbewegungen im typischen Trend liegen. Gelderblom et al. (2017) stellen die Fluglärmbelastigung in Form des CTL (*community tolerance level*) dar. Das ist die Fluglärmexposition (Tag-Nachtpegel  $L_{dn}$ ) bei der 50% der befragten Personen hoch fluglärmbelastigt (*highly annoyed*) sind. Die Autoren zeigen, dass (1) die CTL-Werte an HRC-Flughäfen unter denen an LRC-Flughäfen liegen (und die Fluglärmbelastigung damit höher ist) und (2) dass Studien an HRC-Flughäfen vermehrt ab 1995 durchgeführt wurden. Sie führen daher den zeitlichen Trend im Anstieg der Fluglärmbelastigung auf den *Change-Effekt* an HRC-Flughäfen zurück. Zwar wäre der Flughafen Frankfurt nach der Definition von Janssen und Guski (*in print*) zum Zeitpunkt der RDF-Studie (2005) kein HRC-Flughafen, da die Änderung erst sechs Jahre später (2011) eintrat. Trotzdem ordnen Gelderblom et al. (2017) die RDF-Studie als Studie an einem HRC-Flughafen ein, was wiederum allerdings etwas irreführend begründet wird:

*"Frankfurt 2005: US Air Force Base was closed and the location of maintenance facility for Airbus A380 was decided"* (Gelderblom et al., 2017, p. 21, Table II)

Diese dargestellten Änderungen sind zwar korrekt, stellten aber im Kontext des zur RDF-Studienzeit in Planung befindlichen Landebahnbaus nur einen nebensächlichen Aspekt in den regionalen Diskussionen um die Flughafenerweiterung dar (zum Beispiel im damaligen Regionalen Dialogforum Flughafen Frankfurt oder im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens zur Flughafenerweiterung). Gleichwohl wird die Zuordnung der RDF-Studie zur Studie an einem HRC-Flughafen als zutreffend betrachtet, zumal der von Janssen und Guski (*in print*) in der HRC-Definition angegebene Dreijahreszeitraum vor und nach einer Lärmwirkungsstudie als recht willkürlich angesehen werden kann und sich gerade am Flughafen Frankfurt die Planungen und der Diskurs zur Flughafenerweiterung über einen längeren Zeitraum (insgesamt 13 Jahre) zog und schließlich die Planungen zur Flughafenerweiterung Anlass für die Beauftragung der RDF-Studie gaben.

Die RDF-Studie konnte nun zeigen, dass die (negativen) Erwartungen bzw. Befürchtungen zu den Auswirkungen des Flughafenausbaus deutlich mit der zum Erhebungszeitpunkt aktuellen Fluglärmbelastigung und auch mit der gesundheitsbezogenen Lebensqualität assoziiert waren: Je stärker die negativen Erwartungen ausgeprägt waren, umso höher war die Fluglärmbelastigung und umso geringer die gesundheitsbezogene, physische und psychische Lebensqualität. Dieses Ergebnis stützt die Vermutung von Schuemer und Schrecken-berg

(2000), dass gerade bei größeren, langjährig geplanten Infrastrukturprojekten ein *Change*-Effekt in der Lärmbelastung bereits im Vorfeld der Veränderung entsteht. Allerdings ist aufgrund des Querschnittscharakters der RDF-Studie die Kausalrichtung zwischen den Erwartungen, der Fluglärmbelastung und der gesundheitsbezogenen Lebensqualität nicht eindeutig.

Erste Ergebnisse der NORAH-Studie bestätigen das Vorliegen eines *Change*-Effekts bei der Fluglärmbelastung: Im ersten Jahr nach Inbetriebnahme der Landebahn Nordwest (in 2012) ist die Fluglärmbelastung bei gleichem Geräuschpegel ( $L_{Aeq,24h}$ ) höher als zuvor (im Jahr 2011). Im zweiten Jahr nach der Inbetriebnahme der neuen Landebahn (2013) nähert sich die Expositions-Wirkungskurve insgesamt derjenigen von 2011 an. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich allerdings, dass der *Change*-Effekt in der Gruppe derjenigen, die eine Zunahme der Luftverkehrsgeräuschbelastung (Zunahme  $> 2$  dB  $L_{Aeq,24h}$ ) nach Inbetriebnahme der Landebahn Nordwest erfahren, am größten ist. Weiterhin zeigt sich, dass in dieser "Zunahme-Gruppe" die Annäherung in 2013 an die Expositions-Wirkungsbeziehung von 2011 am geringsten ausgeprägt ist, d.h. der *Change*-Effekt in der Fluglärmbelastung in der Gruppe auch 2013 noch weiter anhält (Schreckenberget al., 2016). Zudem wurde anhand von *Latent-Growth-Curve*-Analysen (vgl. Bollen & Curran, 2006) aufgezeigt, dass zur Erklärung des *Change*-Effekts in der Fluglärmbelastung vor allem nicht-akustische Faktoren und darunter insbesondere die Lärmempfindlichkeit, das wahrgenommene Lärmbewältigungsvermögen sowie die vor und nach der Inbetriebnahme der Landebahn berichteten Erwartungen zu den Auswirkungen des Flugbetriebs beitragen. Insofern scheint sich die in der RDF-Studie andeutende Wichtigkeit der Erwartungen zu anstehenden lärmrelevanten Entwicklungen und daraus vermuteten Konsequenzen für die eigene Wohn-/ Lebenssituation für die Lärmbelastung zu bestätigen.

### 3.2.1.5 Diskussion im Hinblick auf das stresstheoretische Arbeitsmodell

Der RDF-Studie liegt ein Arbeitsmodell zugrunde, das eine Integration der lärmwirkungsbezogenen Stressmodelle von Stallen (1999) und Van Kamp (1990) abbildet (vgl. Abschnitt 1.3), deren Modelle wiederum lärmspezifische Anwendungen der transaktionalen Stresstheorie nach Lazarus (Lazarus & Folkman, 1984) darstellen. Es ist nicht das Ziel der RDF-Studie gewesen, das Arbeitsmodell zu prüfen. Vielmehr dient das Arbeitsmodell der Ableitung von Annahmen und Einordnung der Ergebnisse über die Zusammenhänge zwischen Geräuschbelastung, Störungs- und Belästigungsreaktionen, nicht-akustischen Faktoren, der wahrgenommenen Wohnumweltqualität und gesundheitsbezogenen Lebensqualität.



Die Ergebnisse bestätigen die aus dem Modell abgeleiteten Zusammenhänge: Die Urteile zur Fluglärmbelästigung und zu den mit dem Fluglärm assoziierten Aktivitätsstörungen (Kommunikation, Ruhe, Schlaf) kovariieren mit den akustischen Kenngrößen der Luftverkehrsgeräuschbelastung. Ebenso sind Lärmempfindlichkeit sowie die erhobenen Einstellungen zur Lärmquelle und zu Verantwortlichen mit der Lärmbelästigung und mit den erhobenen Variablen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität assoziiert. Schließlich hat sich auch gezeigt, dass die Lärmbelästigung mit der Wohnzufriedenheit und der gesundheitsbezogenen Lebensqualität und berichteten Gesundheitsbeschwerden zusammenhängt, d.h. nach dem Arbeitsmodell, dass lärmbezogene psychische Stressreaktionen mit allgemeinen Angaben zur Wohn- und Lebensqualität im Zusammenhang stehen. Die Kausalrichtung der dargestellten Zusammenhänge lässt sich mit den Ergebnissen der RDF-Studie nicht klären, ebenso wenig wie die zeitliche bzw. kausale Abfolge der Bewertungsstufen der lärmbezogenen Stresssituationen (*primary appraisal*, *secondary appraisal*, *reappraisal*) mit den erhobenen Variablen exakt abgebildet bzw. unterschieden werden kann. Dennoch stellt das Arbeitsmodell insgesamt eine gute theoriegeleitete Grundlage dar, in der sich die gefundenen Zusammenhänge einordnen lassen. Das Verständnis der Lärmbelästigung als psychische Stressreaktion und der nicht-akustischen Variablen als solche Faktoren, die zu Lärmbewältigungsbemühungen bzw. zur Wahrnehmung des Lärmbewältigungsvermögens (auch: wahrgenommene Kontrolle) beitragen, erweist sich als eine durch die Daten belastbare Modellvorstellung.

### 3.3 Ausblick

Die RDF-Studie aus dem Jahr 2005 zur Auswirkung von Fluglärm auf die Belästigung und Lebensqualität von Flughafenanrainern hat gezeigt, dass sowohl akustische als auch nicht-akustische Faktoren mit den Belästigungsurteilen zusammenhängen und die Fluglärmbelästigung wiederum mit weiteren Aspekten der gesundheitsbezogenen Lebens- und Wohnqualität assoziiert ist. Zwar erlaubt der Querschnittscharakter der RDF-Studie keine eindeutigen Ursache-Wirkungsaussagen, jedoch zeigen die ersten Analysen von Daten der NORAH-Studie aus den Jahren 2011 bis 2013, dass neben der Geräuschbelastung nicht-akustische Faktoren wie das Vertrauen in das Bemühen von Verantwortlichen um Reduzierung der Lärmbelästigung gerade in Phasen der Änderung (hier: Bau einer neuen Landebahn) für das Belästigungserleben relevant werden können. Das legt die Vermutung nahe, dass es nicht allein darauf ankommt, *was* im Immissionsschutz technisch-akustisch an Maßnahmen zur

Schallschutzminderung getan wird, sondern auch *wie* es getan wird und wie dabei die Interaktion mit der betroffenen Wohnbevölkerung erfolgt.

Es gibt einige wenige Hinweise darauf, dass eine Kommunikation mit der Bevölkerung zum Thema Lärm und idealerweise deren Einbezug zu Maßnahmen und Projekten, die zur Veränderung in der Geräuschbelastung führen, erfolgversprechend sein können (Sörensen, 1970; Maziul & Vogt, 2002; Maris et al., 2007a, 2007b; Schreckenberger, Möhler, Liepert & Schuemer, 2013, vgl. auch die Reviews von Asensio, Gasco & de Arcas, 2017, und Gasco, Asensio & de Arcas, 2017, zur Kommunikation über Fluglärm und zu nicht-akustischen Maßnahmen zur Minderung von Bevölkerungsreaktionen auf Fluglärm). Hier fehlt es allerdings noch an qualitativ hochwertigen Interventionsstudien, um die Evidenz der Wirksamkeit von begleitenden Kommunikationsmaßnahmen auf die Lärmbelästigung oder andere Lärmwirkungen wie Schlafstörungen, Erkrankungsrisiken oder kognitiven Leistungen aufzeigen zu können. Im Zuge der Aktualisierung der WHO *Environmental Noise Guidelines for the European Region* (Heroux et al., 2016) haben Brown und Van Kamp (2017) ein Evidenz-Review zu Verkehrslärm-Interventionen und deren Gesundheitswirkungen vorgelegt. Von 545 recherchierten Publikationen wurden schließlich 52 für das systematische Review ausgewählt, davon bezogen sich 43 auf Interventionen im Bereich des Verkehrslärms. Lediglich eine Publikation davon behandelt Kommunikationsmaßnahmen im Kontext einer Maßnahme mit lärmmindernden Auswirkungen (Schienenschleifen auf einer Bahnstrecke in Süddeutschland; Schreckenberger, Möhler, Liepert & Schuemer, 2013).

Die Review-Autoren kommen zu dem Schluss, dass nur eine geringe Anzahl von Interventionsstudien vorliegt, in denen nicht nur Änderungseffekte im Geräuschpegel, sondern auch in den Lärmwirkungen berichtet werden. Entsprechend stufen sie die Evidenz von Gesundheitseffekten von Interventionen im Verkehrslärmbereich als begrenzt ein (*restricted evidence base*). Die wenigen vorliegenden Studien divergieren nach Analyse der Review-Autoren stark in Bezug auf Untersuchungsmethodik, Art der Intervention, Geräuschbelastung und deren Änderung und den betrachteten Wirkungsgrößen, so dass sie keine Meta-Analyse zur Assoziation zwischen Änderung in der Geräuschbelastung und Änderung in der betrachteten Gesundheitswirkung vornehmen konnten. Brown und Van Kamp (2017) fordern weitere Interventionsstudien insbesondere zum Flug- und Schienenverkehrslärm und schlagen hierfür ein einheitliches Längsschnitt-Studiendesign vor.

Mit Start im Oktober 2017 wird das internationale von der Europäischen Union im Rahmen des Programms Horizon 2020 geförderte vierjährige Forschungsvorhaben ANIMA (*Aviation Noise Impact Management through novel Approaches*; <http://www.anima-project.eu/>)

durchgeführt. Ziel des Vorhabens ist es, vor dem Hintergrund eines wachsenden Luftverkehrs, innovative Maßnahmen zur Lärmwirkungsminderung zu identifizieren bzw. zu entwickeln. Es geht explizit nicht allein darum, dB-Werte von Luftverkehrsgeräuschen zu reduzieren, sondern die Wirkungen, die die Geräusche im Wohn- und Lebenskontext der Anwohnerinnen und Anwohner an Flughäfen auslösen, zu minimieren und die Lebensqualität der Betroffenen zu maximieren. Die Identifizierung und Entwicklung dieser Maßnahmen erfolgt in Form von *Reviews*, *Best-Practise-Analysen*, Evaluation von Interventionen an Flughäfen und auf Basis von Belästigungs- und Lebensqualitätserhebungen vor und nach im Forschungsvorhaben entwickelter Interventionen. Ein wesentlicher Beitrag in diesem Forschungsvorhaben kommt der Psychologie, insbesondere der Umwelt-, Sozial- und Kognitionspsychologie zu, wenn es darum geht, vor dem Hintergrund stresstheoretischer Ansätze, psychologisch begründete Interventionen, die sowohl bei flugoperativen Maßnahmen als auch bei nicht-akustischen Faktoren (Information, Kommunikation, *Empowerment*) ansetzen, zu konzipieren und deren Wirkung zu evaluieren.

Eine in dieser Arbeit untersuchte Hauptwirkung des Fluglärms ist die Lärmbelästigung der betroffenen Flughafenrainer. Die Lärmbelästigung stellt ein komplexes psychologisches Konstrukt dar, dass Störungserleben, affektive Reaktionen und Kontroll(verlust-)erleben einschließt. In der RDF-Studie wurde die Fluglärmbelästigung dem internationalen Standard folgend (ICBEN-Empfehlungen, vgl. Fields et al., 2001 und ISO/TS 15666) mittels zweier Einzelitems erhoben. Anhand von Längsschnittdaten der NORAH-Studie wurden erste Analysen zur Entwicklung und Validierung einer Mehr-Item-Skala zur Fluglärmbelästigung (MIAS) vorgestellt (Schreckenberget al., 2017a; Schreckenberget al., 2018). Die Skala MIAS weist eine hierarchische Faktorenstruktur des Konstrukts "Fluglärmbelästigung" bestehend aus den Subdimensionen "fluglärmbedingte Störungen", "(affektive) Belästigungsreaktion" und "wahrgenommenes Lärmbewältigungsvermögen" auf. Die Autoren konnten zeigen, dass die Luftverkehrsgeräuschpegel stärker mit der Subdimension "fluglärmbedingte Störung", nicht-akustische Faktoren wie Lärmempfindlichkeit und Einstellung zur Lärmquelle und zu Verantwortlichen eher mit der Subdimension "wahrgenommenes Lärmbewältigungsvermögen" korreliert sind. Bei Interventionen, die bei diesen nicht-akustischen Faktoren ansetzen, würde es demnach weniger darum gehen, das Störungserleben oder die affektiven Reaktionen darauf zu reduzieren, sondern das wahrgenommene Kontrollerleben über die Lärmsituation zu stärken – entweder dadurch, dass Betroffene die Möglichkeit wahrnehmen, selbst etwas gegen den Lärm zu unternehmen, oder dass sie wahrnehmen, dass andere (Entscheidungsträger) sich in ihrem Sinne zumindest darum bemühen, negative Lärmwirkungen gering zu halten bzw. zu

reduzieren. In dem also künftig die Lärmbelästigung differenzierter als mit Hilfe von Einzeltens nach dem internationalen ICBEN-Standard erhoben wird, besteht die Chance, ein besseres Verständnis der Wirkungszusammenhänge von akustischen und nicht-akustischen Faktoren zu erhalten, und man wird damit der Mehrdimensionalität des Konstrukts "Lärmbelästigung" stärker gerecht. Es ist zu wünschen, dass sich in Zukunft auch international ein Standard für die mehrdimensionale Erfassung der Lärmbelästigung etabliert.

## 4 Literatur

- Amann, E., Lercher, P., Weichbold, V. & Eisenmann, A. (2007). The effects of measuring noise sensitivity with a single or several rating scale on the population prevalence and distribution of this personality trait. *Proceedings of Inter-Noise 2007* (Paper N° 387). Istanbul, Turkey: Inter-Noise 28–31 August 2007.
- Amundsen, A.H. & Klæboe, R. (2011). The Norwegian Façade Insulation Study: The efficacy of façade insulation in reducing noise annoyance due to road traffic. *Journal of the Acoustical Society of America*, 129, 1381–1389.
- ANOTEC Consulting (2003). Study on current and future aircraft noise exposure at and around community airports – Final report prepared for the European Community (DG-TREN). Doc N° PAN012-4-0. Madrid: ANOTEC, 2003.
- Asensio, C., Gasco, L. & de Arcas, G. (2017). A review of non-acoustic measures to handle community response to noise around airports. *Current Pollution Reports*, 3, 230–244.
- Babisch, W. (2006). *Transportation Noise and Cardiovascular Risk. Review and Synthesis of Epidemiological Studies*. Berlin, Dessau: Umweltbundesamt.
- Babisch, W. (2014). Updated exposure-response relationship between road traffic noise and coronary heart diseases: A meta-analysis. *Noise & Health*, 16, 1–9.
- Babisch, W., Houthuijs, D., Pershagen, G., Cadum, E., Katsouyanni, K., Velonakis, M., et al. for the HYENA-team (2009). Annoyance due to aircraft noise has increased over the years - results of the HYENA study. *Environment International*, 35, 1169–1176.
- Babisch, W., Ising, H. & Gallacher, J.E.J. (2003). Health status as a potential effect modifier of the relation between noise annoyance and incidence of ischemic heart disease. *Occupational and Environmental Medicine*, 60, 739–745.
- Babisch, W., Pershagen, G., Selander, J., Houthuijs, D., Breugelmans, O., Cadum, E. ... Hansell, A.L. (2013). Noise annoyance – A modifier of the association between noise level and cardiovascular health? *Science of the Total Environment*, 452–453, 50–57.
- Babisch, W. & Van Kamp, I. (2009). Exposure-response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension. *Noise & Health*, 11, 161–168.
- Baron, R. M. & Kenny, D. A. (1986). The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51, 1173–1182.
- Bartels, S. (2014). *Aircraft noise-induced annoyance in the vicinity of Cologne/Bonn Airport - The examination of short-term and long-term annoyance as well as their major determinants*. Doctoral thesis, TU Darmstadt, Germany.
- Basner, M., Griefahn, B. & Van den Berg, M. (2010). Aircraft noise effects on sleep: mechanisms, mitigation, and research needs. *Noise & Health*, 12, 96–109.
- Bassarab, R., Sharp, B. & Robinette, B. (2009). *An updated catalogue of 628 social surveys of residents' reaction to environmental noise (1943-2008)*. Arlington, VA: Wyle Report WR 09-18. Zugriff am 27.12.2016, von [http://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/apl/research/science\\_integrated\\_modeling/media/An%20Updated%20Catalog%20of%20628%20Social%20Surveys.pdf](http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/apl/research/science_integrated_modeling/media/An%20Updated%20Catalog%20of%20628%20Social%20Surveys.pdf)
- Bellach, B.-M., Ellert, U. & Radoschewski, M. (2000). Der SF-36 im Bundes-Gesundheitssurvey. *Bundesgesundheitsblatt*, 43, 210–216.
- Bellach, B.M., Knopf, H. & Thefeld, W. (1998). Der Bundes-Gesundheitssurvey 1997/98. *Das Gesundheitswesen*, 60, 59–68.
- Belojević, G., Öhrström, E. & Rylander, R. (1992). Effects of noise on mental performance with regard to subjective noise sensitivity. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 64, 293–301.
- Belojević, G. & Saric-Tanaskovic, M. (2002). Prevalence of arterial hypertension and myocardial infarction in relation to subjective ratings of traffic noise exposure. *Noise & Health*, 4, 33–37.
- Berster, P., Gelhausen, M., Grimme, W., Hepting, M., Leipold, A., Maertens, S., ... Wilken, D. (2015). *Luftverkehrsbericht 2014. Daten und Kommentierungen des deutschen und weltweiten Luftverkehrs*. Köln: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Flughafenwesen und Luftverkehr. Zugriff am 06.01.2017, von [http://www.dlr.de/fw/Portaldata/42/Resources/dokumente/aktuelles/Luftverkehrsbericht\\_2014.pdf](http://www.dlr.de/fw/Portaldata/42/Resources/dokumente/aktuelles/Luftverkehrsbericht_2014.pdf)
- BImSchV 34 (2006). Vierunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Lärmkartierung) vom 6. März 2006 (BGBl. I S. 516), die zuletzt durch Artikel 84 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist. (2006). *Bundesgesetzblatt (BGBl)*, 12, 516–518.

- Black, D. A., Black, J., Issarayangyun, T. & Samuels, S. E. (2007). Aircraft noise exposure and resident's stress and hypertension: A public health perspective for airport environmental management. *Journal of Air Transport Management*, 13, 264–276.
- Bolger, N., Davis, A. & Eshkol, R. (2003). Diary methods: capturing life as it is lived. *Annual Review of Psychology*, 54, 579–616.
- Bollen, K.A. & Curran, P.J. (2006). *Latent curve models: a structural equation approach*. Hoboken, New Jersey: Wiley.
- Bortz, J. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (6. Aufl.). Heidelberg: Springer.
- Bosshardt, H.G. (1988). Subjektive Realität und konzeptuelles Wissen. Sprachpsychologische Untersuchungen zum Begriff der Belästigung durch Lärm. Münster: Aschendorff.
- Brähler, E., Hinz, A., & Scheer, J. W. (2008). *Der Gießener Beschwerdebogen (GGB-24) Manual* (3.Auflage). Göttingen: Hogrefe.
- Brosschot, J.F., Geurts, S.A., Kruizinga, I., Radstaak, M., Verkuil, B., Quirin, M. & Kompier, M. A. J. (2014). Does unconscious stress play a role in prolonged cardiovascular stress recovery? *Stress and Health*, 30, 179–187. doi:10.1002/smi.2590
- Brown, A.L. & Van Kamp, I. (2009a). Response to a change in transport noise exposure: competing explanations of change effects. *Journal of the Acoustical Society of America*, 125, 905–914.
- Brown, A.L. & Van Kamp, I. (2009b). Response to a change in transport noise exposure: a review of evidence of a change effect. *Journal of the Acoustical Society of America*, 125, 3018–3029.
- Brown, A.L. & Van Kamp, I. (2017). WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: a systematic review of transport noise interventions and their impacts on health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(8), 873. doi:10.3390/ijerph14080873
- Bullinger, M. & Kirchberger, I. (1998). *SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand – Manual*. Göttingen: Hogrefe.
- Bundesministerium des Innern. (1975). Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen an zivilen und militärischen Flugplätzen nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm vom 30. März 1971 (BGBl I S. 282) – Anleitung zur Berechnung (AzB). *Gemeinsames Ministerialblatt (GMBI)* S. 162, 162–227.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. (1998). Sechste Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm). Vom 26. August 1998. *Gemeinsames Ministerialblatt (GMBI)* S. 503, 503–515.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit & Umweltbundesamt. (Hrsg.) (2015). *Umweltbewusstsein in Deutschland 2014. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage*. Berlin, Dessau-Roßlau. Zugriff am 30.12.2017, von [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/umweltbewusstsein\\_in\\_deutschland\\_2014.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/umweltbewusstsein_in_deutschland_2014.pdf).
- Bundesministerium für Verkehr. (1992). Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen RLS-90 (Berichtigter Nachdruck Februar 1992). Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 17/1992. *Verkehrsblatt (VkB)*, 7, 208.
- Buyse D.J., Reynolds III C.F., Monk T.H., Berman S.R. & Kupfer D.J. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Research*, 28, 193–213.
- Campbell, J. (1983). Ambient stressors. *Environment and Behavior*, 15, 355–380.
- Clark, C., Myron, R., Stansfeld S. & Candy, B. (2007). A systematic review of the evidence on the effect of the built and physical environment on mental health. *Journal of Public Mental Health*, 6(2), 17–32.
- Cook, T.D. & Campbell, D.T. (1976). The design and conduct of quasi-experiments and true experiments in field settings. In M.E. Dunette (Ed.), *Handbook of Industrial and Organizational Psychology* (pp. 223–326). Chicago: Rand-McNally.
- Deutsche Bundesbahn. (1990). Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Schienenwegen (SCHALL 03). *Amtsblatt der Deutschen Bundesbahn Nr. 14*, lfd. Nrn.133, 134.
- DIN 45643 (2011). Deutsches Institut für Normung e.V. *Messung und Beurteilung von Fluggeräuschen*. Berlin: Beuth.
- Dornic, S. & Ekehammar, B. (1990). Extraversion, neuroticism and noise sensitivity. *Personality and Individual Differences*, 11, 989–992.
- Dratva, J., Zemp, E., Dietrich, D.F., Bridevaux, P.O., Rochat, T., Schindler et al. (2010). Impact of road traffic noise annoyance on health-related quality of life: results from a population-based study. *Quality of Life Research*, 19, 37–46.
- Ellermeier, W., Eigenstetter, M., & Zimmer, K. (2001). Psychoacoustic correlates of individual noise sensitivity. *Journal of the Acoustical Society of America*, 109, 1464–1473.
- Elmenhorst, E-M., Müller, U., Mendolia, F., Quehl, J. & Aeschbach, D. (2016). Residents' attitude towards air traffic and objective sleep quality are related. *Proceedings of the Inter-Noise 2016, 45th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering* (pp. 7744–7746). Hamburg, Germany: Inter-Noise 21–24 August, 2016.
- Eriksson, C., Bluhm, G., Hilding, A., Östenson, C.-G. & Pershagen, G. (2010). Aircraft noise and incidence of hypertension - Gender specific effects. *Environmental Research*, 110, 764–772.

- Evans, G.W. & Lepore, S.J. (1997). Moderating and mediating processes in environment-behavior research. *Advances in Environment, Behavior and Design*, 4, 255-285.
- Felscher-Suhr, U., Guski, R. & Schuemer, R. (2000). Internationale Standardisierungsbestrebungen zur Erhebung von Lärmbelastigung. *Zeitschrift für Lärmbekämpfung*, 47, 68-70.
- Fidell, S. (1987). Why is annoyance so hard to understand? In H.S.Koelega (Ed.), *Environmental annoyance: characterization, measurement, and control. Proceedings of the International Symposium on Environmental Annoyance at the Conference Centre*. Windschoten, The Netherlands (pp. 51-54). Amsterdam: Elsevier.
- Fiebig, A. & Genuit, K. (2015). Der Einsatz der Psychoakustik zur Bewertung von Umweltgeräuschen. In Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA) (Hrsg.), *Fortschritte der Akustik – DAGA 2015*, 41. Deutsche Jahrestagung für Akustik (S. 199-202). Nürnberg: Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA).
- Fields, J.M. (1993). Effect of personal and situational variables on noise annoyance in residential areas. *Journal of the Acoustical Society of America*, 93, 2753-2763.
- Fields, J.M., DeJong, R.G., Gjestland, T., Flindell, I.H., Job, R.F.S., Kurra, S., ... Schuemer, R. (2001): Standardized general-purpose noise reaction questions for community noise surveys: research and a recommendation. *Journal of Sound and Vibration*, 242, 641-679.
- Finke, H.O., Guski, R. & Rohrmann, B. (1980). *Betroffenheit einer Stadt durch Lärm. Bericht über eine interdisziplinäre Untersuchung. Projekt BSL, Band 1: Gesamtkonzept und Hauptuntersuchung*. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, Forschungsbericht 80-10501301. Braunschweig: Physikalisch-Technische Bundesanstalt.
- Foraster, M., Eze, I.C., Vienneau, D., Brink, M., Cajochen, C., Seraina, C., ... Probst-Hensch, N. (2016). Long-term transportation noise annoyance is associated with subsequent lower levels of physical activity. *Environmental International*, 91, 341-349.
- FRAPORT AG (2017, Januar 6). *Historische Verkehrszahlen 1980-2015*. Zugriff am 06.01.2017, von <http://www.fraport.de/content/fraport/de/misc/binaer/verkehrszahlen/historische-verkehrszahlen/historische-verkehrszahlen-1980-2015/jcr:content.file/historische-verkehrszahlen-1980-2015.xlsx>
- Frei, P., Mohler, E. & Rössli, M. (2014). Effect of nocturnal road traffic noise exposure and annoyance on objective and subjective sleep quality. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 217, 188-195.
- Fried, M. (1984). The structure and significance of community satisfaction. *Population and Environment*, 7, 61-86.
- Fyhri, A. & Klæboe, R. (2009). Road traffic noise, sensitivity, annoyance and self-reported health - a structural equation model exercise. *Environment International*, 35, 91-97.
- Gasco L., Asensio, C. & de Arcas, G. (2017). Communicating airport noise emission data to the general public. *Science of the Total Environment*, 586, 836-848.
- Gelderblom, F., Gjestland, T., Fidell, S. & Berry, B. (2017). On the Stability of Community Tolerance for Aircraft Noise. *Acta Acustica United with Acustica*, 103, 17-27.
- Gjestland, T., Gelderblom, F.B., Fidell, S. & Berry, B. (2015). Temporal trends in aircraft noise annoyance. *Proceedings of Inter-Noise 2015*. San Francisco, California USA: Inter-Noise 9-12 August 2015.
- Greiser, E. & Greiser, C. (2010). *Risikofaktor nächtlicher Fluglärm. Abschlussbericht über eine Fall-Kontroll-Studie zu kardiovaskulären und psychischen Erkrankungen im Umfeld des Flughafens Köln/Bonn*. Forschungsbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes, Förderkennzeichen 3708 51 101. Schriftenreihe Umwelt & Gesundheit, 01/2010. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Zugriff am 15. 10.2011. Verfügbar unter [http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql\\_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3774](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3774)
- Griefahn, B., Bisping, R., Feil, A., Guski, R., Hellbrück, Kuhnt, S., ... Wenning, E. (2007). *Forschungsverbund Leiser Verkehr. Bereich 2000 ‚Lärmwirkungen‘*. Abschlussbericht. Dortmund: IfADo. Zugriff am 03.12.2016, von <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb08/572380240.pdf>
- Griefahn, B., Möhler, U. & Schuemer, R. (Hrsg.) (1999). *Vergleichende Untersuchung über die Lärmwirkung bei Straßen- und Schienenverkehr*. Hauptbericht; Tabellen und Abbildungsband; Dokumentationsband. München: SGS.
- Groothuis-Oudshoorn, C.G.M. & Miedema, H.M.E. (2006). Multilevel grouped regression for analyzing self-reported health in relation to environmental factors: the model and its application. *Biometrical Journal*, 48, 67-82.
- Guski, R. (1987). *Lärm. Wirkungen unerwünschter Geräusche*. Bern, Stuttgart, Toronto: Verlag Hans Huber.
- Guski, R. (1999). Personal and social variables as co-determinants of noise annoyance. *Noise & Health*, 3, 45-56.
- Guski, R. (2004). How to forecast community annoyance in planning noisy facilities. *Noise & Health*, 6, 59-64.
- Guski, R. (2013). Gaps in theory, methods, and results about aircraft noise effects on residents. *Proceedings of Inter-Noise 2013*. Innsbruck, Austria: Inter-Noise 15-18 September 2013.

- Guski, R., Basner, M. & Brink, M. (2012). *Gesundheitliche Auswirkungen nächtlichen Fluglärms: aktueller Wissensstand (Literaturauswertung)*. Schlussbericht im Auftrag des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Bochum: Fakultät für Psychologie der Ruhr-Universität. Zugriff am 04.01.2017, von <https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/umwelt/nachtfluglaerm.pdf>
- Guski, R., Felscher-Suhr, U. & Schuemer, R. (1999). The concept of noise annoyance: How international experts see it. *Journal of Sound and Vibration*, 223, 513–527. doi:10.1006/jsvi.1998.2173
- Guski, R., Schreckenberg, D. & Schuemer, R. (2017). WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: a systematic review on environmental noise and annoyance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(12), 1539. doi:10.3390/ijerph14121539
- Hartig, T., Johansson, G. & Kylin, C. (2003). Residence in the social ecology of stress and restoration. *Journal of Social Issues*, 59, 611–636.
- Hartig, T., Mang, M. & Evans, G. W. (1991). The restorative effects of natural environment experience. *Environment and Behavior*, 23, 3–26.
- Hatfield, J., Job, R.F.S., Hede, A.J., Carter, N.L., Peploe, P., Taylor, R. & Morrell, S., (2002). Human Response to Environmental Noise: The Role of Perceived Control. *International Journal of Behavioral Medicine*, 9, 341–359.
- Hayes, A.F. (2013). *Introduction to mediation, moderation and conditional process analysis. A regression-based approach*. New York: The Guilford Press.
- Heimann, D., de Franceschi, M., Emeis, S., Lercher, P. & Seibert, P. (Hrsg.) (2007). *Air Pollution, Traffic Noise and Related Health Effects in the Alpine Space*. Trento, Italy: Università degli Studi di Trento.
- Heinonen-Guzejev, M., Vuorinen, H.S., Mussalo-Rauhamaa, H., Heikkilä, K., Koskenvuo, M. & Kaprio, J. (2005). Genetic component of noise sensitivity. *Twin Research and Human Genetics*, 8, 245–249.
- Heinonen-Guzejev, M., Vuorinen, H.S., Mussalo-Rauhamaa, H., Heikkilä, K., Koskenvuo, M. & Kaprio, J. (2007). The association of noise sensitivity with coronary heart and cardiovascular mortality among Finnish adults. *Science of the Total Environment*, 372, 406–412.
- Hellbrück, J., Guski, R. & Schick, A. (2010). Schall und Lärm. In Linneweber, V., Lantermann, E.D. & Kals, E. (Hrsg.), *Umweltpsychologie* (Bd. 2, Spezifische Umwelten und umweltbezogenes Handeln, S. 3 - 44). Enzyklopädie der Psychologie (hrsg. von Bierbaumer, N. et al.). Göttingen: Hogrefe.
- Henrich, G. & Herschbach, P. (2000). Fragen zu Lebenszufriedenheit. In U. Ravens-Sieberer & M. Bullinger (Hrsg.), *Lebensqualität und Gesundheitsökonomie in der Medizin: Konzepte, Methoden, Anwendung* (S. 98–110). Landsberg: Ecomed.
- Henry, J. P. & Stephens, P. M. (1977). *Stress, health and the social environment*. Berlin: Springer.
- Héritier, H., Vienneau, D., Frei, P., Eze, I.C., Brink, M., Probst-Hensch, N. & Röösli, M. (2014). The association between road traffic noise exposure, annoyance and health-related quality of life (HRQOL). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(12), 12652–12667. doi:10.3390/ijerph111212652
- Heroux, M-E., Babisch, W., Belojevic, G., Brink, M., Janssen, S., Lercher, P., ... Verbeek, J. (2016). WHO environmental noise guidelines for the European region - What is new? 1. Policy context and methodology used for guideline development. *Proceedings of Inter-Noise, 2016*. (p. 2546–2551). Hamburg, Germany: Inter-Noise 21–24 August 2016. Retrieved December 22, 2017, from <http://pub.dega-akustik.de/IN2016/data/articles/000386.pdf>
- Howell, D. C. (1997). *Statistical methods for psychology*. (4. Aufl.). Belmont, CA: Thomson Wadsworth.
- ICAO International Civil Aviation Organization (2013). *Global Air Transport Outlook to 2030 and trends to 2040*. Report/Circular Cir 333, AT/190. Montreal, Canada.
- Isermann, U. & Schmid, R. (1999). *Bewertung und Berechnung von Fluglärm. Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr*. Forschungsbericht FE-Nr. L-2/96-50144/96. Göttingen: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt.
- Isermann, U. (2014). Bewertung, Berechnung und Messung von Fluglärm. In J. Ziekow (Hrsg), *Handbuch des Fachplanungsrechts Grundlagen, Praxis, Rechtsschutz* (S. 500 – 522). München: C.H. Beck.
- ISO/TS 15666:2003-02 Technical Specification of the International Organization for Standardization. (2003). *Acoustics – Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys*. Berlin: Beuth.
- Janssen, S. A. & Guski, R. (in press). Aircraft noise annoyance. In S. A. Stansfeld, B. Berglund, S. Kephalopoulos & M. Paviotti (Eds.), *Evidence Review on Aircraft Noise and Health*. Bonn, Germany: Directorate General Joint Research Center and Directorate General for Environment, European Union.
- Janssen, S.A. & Vos, H. (2009). A comparison of recent surveys to aircraft noise exposure-response relationships. Delft, NL: *TNO report*, TNO-034-DTM-2009-01799.
- Janssen, S.A., Vos, H., Van Kempen, E.E.M.M., Breugelmans, O.R.P. & Miedema, H.M.E. (2011). Trends in aircraft noise annoyance: the role of study and sample characteristics. *Journal of the Acoustical Society of America*, 129, 1953–1962.
- Job, R.F.S. (1988). Community response to noise. A review of factors influencing the relationship between noise exposure and reaction. *Journal of the Acoustical Society of America*, 83, 991–1001.



- Job, R.S.F. (1999). Noise sensitivity as a factor influencing human reaction to noise. *Noise & Health*, 3, 57-68.
- Jonsson, E. & Sörensen, S. (1970). Relation between annoyance reactions and attitude to source of annoyance. *Public Health Report*, 85, 1070-1074.
- Kalveram, K.T. (1996). Zur Evolution des Belästigungserlebnisses. Ökopsychologische und verhaltensbiologische Betrachtungen über die Wirkung von Lärm. *Psychologische Beiträge*, 38, 215-230.
- Kaplan, R. (1985). Nature at the doorstep: Residential satisfaction and the nearby environment. *Journal of Architectural and Planning Research*, 2, 115-127.
- Klatte, M., Spilski, J., Mayerl, J., Möhler, U., Lachmann, T. & Bergström, K. (2017). Effects of aircraft noise on reading and quality of life in primary school children in Germany: Results from the NORAH Study. *Environment & Behavior*, 49, 390-424. doi:10.1177/0013916516642580
- Koolhaas, J. M., Bartolomucci, A., Buwalda, B., Boer, S. F. de, Flüge, G., Korte, S. M., . . . Fuchs, E. (2011). Stress revisited: A critical evaluation of the stress concept. *Neuroscience and Biobehavioral reviews*, 35, 1291-1301. doi:10.1016/j.neubiorev.2011.02.003
- Kroesen, M., Molin, E.J.E., Miedema, H.M.E., Vos, H., Janssen, S.A. & Van Wee, B. (2010). Estimation of the effects of aircraft noise on residential satisfaction. *Transportation Research Part D*, 15, 144-153.
- Kroesen, M., Molin, E.J.E. & Wee, B. (2010). Determining the direction of causality between psychological factors and aircraft noise annoyance. *Noise & Health*, 12, 17-25.
- Kroesen, M., Schreckenberg, D. (2011). A measurement model for general noise reaction in response to aircraft noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 129, 200-210.
- Kroesen, M., Stallen, P.J.M., Molin, E.J.E., Miedema, H.M.E., Vos, H., Janssen, S.A. & Van Wee, B. (2008). Assessing the role of mediators in the noise-health relationship via structural equation analysis. In B. Griefahn (Ed.), *Proceedings of the 9th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN) 2008, Foxwoods* (pp 653-661). Dortmund: Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund.
- LAI Länderausschuss für Immissionsschutz (1997). *Leitlinie zur Beurteilung von Fluglärm durch die Immissionsschutzbehörden der Länder (für Verkehrsflughäfen und militärische Flugplätze) (in der vom Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) am 14. Mai 1997 beschlossenen Fassung)*.
- Lärmkontor GmbH & Wölfel Meßsysteme · Software GmbH + Co. KG. (2005). *Regionale Lärminderungsplanung Rhein-Main-Region*. Endbericht zum Gutachten im Auftrag des RDF. Zugriff am 01.09.2016, von [http://www.forum-flughafen-region.de/fileadmin/files/Archiv/Archiv\\_RDF\\_Gutachten/GA\\_Regionale\\_Laermminderungspl.pdf](http://www.forum-flughafen-region.de/fileadmin/files/Archiv/Archiv_RDF_Gutachten/GA_Regionale_Laermminderungspl.pdf)
- Larson, R. & Csikszentmihalyi, M. (1983). The Experience Sampling Method. *New Directions for Methodology of Social & Behavioral Science*, 15, 41-56.
- Lazarus, R. S. & Folkman, S. (1984). *Stress, Appraisal, and Coping*. New York: Springer.
- Lazarus, R. S. & Folkman, S. (1987). Transactional theory and research on emotions and coping. *European Journal of Personality*, 1, 141-169.
- Lazarus, R.S. & Launier, (1978). Stress related transactions between person and environment. In L.A. Pervin & M. Lewis (Eds.), *Perspectives in Interactional Psychology* (pp. 287-327). New York, London: Plenum Press.
- Lercher, P. (1996). Environmental Noise & Health: an integrated research perspective. *Environment International*, 22, 117-129.
- Liepert, M., Mühlbacher, M., Möhler, U., Thomann, G. & Schreckenberg, D. (2017). Uncertainty of calculated noise levels and its influence on exposure-response-relationship in the NORAH-project. *Proceedings of the 12th ICBEN Congress on Noise as a Public Health Problem* (Paper N° 3970). Zurich, Switzerland: ICBEN 18-22 June 2017. Retrieved December 30, 2017, from [http://www.icben.org/2017/ICBEN%202017%20Papers/SubjectArea08\\_Liepert\\_0807\\_3970.pdf](http://www.icben.org/2017/ICBEN%202017%20Papers/SubjectArea08_Liepert_0807_3970.pdf)
- Lindvall, T. & Radford, E.P. (1973). Measurement of annoyance due to exposure to environmental factors. *Environmental Research*, 6, 1-36.
- MacKinnon, D.P., Fairchild, A.J. & Fritz, M.S. (2007). Mediation analysis. *Annual Review of Psychology*, 58, 593-614.
- Maier, S. F. & Seligman, M. E. P. (1976). Learned helplessness: Theory and evidence. *Journal of Experimental Psychology: General*, 105, 3-46.
- Maris, E., Stallen, P. J., Vermunt, R. & Steensma, H. (2007a). Noise within a social context: Annoyance reduction through fair procedures. *Journal of the Acoustical Society of America*, 121, 2000-2010.
- Maris, E., Stallen, P.J., Vermunt, R. & Steensma, H. (2007b). Evaluating noise in social context: The effect of procedural unfairness on noise annoyance judgments. *Journal of the Acoustical Society of America*, 122, 3483-3494.
- Marks, A. & Griefahn, B. (2007). Associations between noise sensitivity and sleep, subjectively evaluated sleep quality, annoyance, and performance after exposure to nocturnal traffic noise. *Noise & Health*, 9, 1-7.

- Maziul, M. & Vogt, J. (2002). Can a telephone service reduce annoyance? *Proceedings of Forum Acousticum*. Sevilla, Spain: Forum Acousticum 16–20 September 2002. Retrieved December 27, 2017, from [http://sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/Sevilla02\\_noi01006.pdf](http://sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/Sevilla02_noi01006.pdf)
- McKennell, A.C. (1963). *Aircraft noise annoyance around London (Heathrow) Airport*. London: Central Office of Information.
- McLean, E.K. & Tarnopolsky, A. (1977). Noise, discomfort and mental health. A review of the socio-medical implications of disturbance by noise. *Psychological Medicine*, 7, 19-62.
- Medvedev, O., Shepherd, D. & Hautus, M.J. (2015). The restorative potential of soundscapes: A physiological investigation. *Applied Acoustics*, 96, 20-26.
- Miedema, H.M.E. & Oudshoorn, C.G.M. (2001). Annoyance from transportation noise: relations with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environmental Health Perspectives*, 109, 409-416.
- Miedema, H.M.E. & Vos H. (2003). Noise sensitivity and reactions to noise and other environmental conditions. *Journal of the Acoustical Society of America*, 113, 1492-1504.
- Miedema, H.M.E. & Vos, H. (1998). Exposure-response relationships for transportation noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 104, 3432-3445.
- Miedema, H.M.E. & Vos, H. (1999). Demographic and attitudinal factors that modify annoyance from transportation noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 105, 3336-3344.
- Miller, N.P., Cantor, D., Lohr, S., Jodts, E., Boone, P., Williams, D., ... Hume, K. (2014). *Research Methods for Understanding Aircraft Noise Annoyances and Sleep Disturbance*. ACRP-Web-Only Document 17. Zugriff am 12.12.2016. Verfügbar unter <http://www.trb.org/ACRP/Blurbs/170979.aspx>. doi:10.17226/22352
- Miyakawa, M., Matsui, T. & Hiramatsu, K. (2007). Relationship between psychiatric disorder and disturbances of daily life due to aircraft noise exposure – epidemiological study around Narita International Airport. *Proceedings of Inter-Noise 2007* (Paper N° 436). Istanbul, Turkey: Inter-Noise 28–31 August 2007.
- Möhler, U., Liepert, M., Mühlbacher, M., Klatte, M., Vogelsang, B. & Thomann, G. (2016). The acoustic basis of the NORAH field studies. *Proceedings of the Inter-Noise 2016, 45th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering* (pp. 7764-7767). Hamburg, Germany: Inter-Noise 21–24 August, 2016. Retrieved October 24, 2016, from <http://pub.dega-akustik.de/IN2016/data/articles/000288.pdf>.
- Münzel, T., Sørensen, M., Gori, T., Schmidt, F.P., Rao, X., Brook, F.R., ... Rajagopalan, S. (2016). Environmental stressors and cardio-metabolic disease: part II—mechanistic insights. *European Heart Journal*, Jul 26, 1-8. doi:10.1093/eurheartj/ehw294
- Nitschke, M., Tucker, G., Simon, D.L., Hansen, A.L. & Pisaniello, D.L. (2014). The link between noise perception and quality of life in South Australia. *Noise & Health*, 16, 137-142.
- O'Brien, R. G. & Kaiser, M. K. (1985). MANOVA method for analyzing repeated measures designs: an extensive primer. *Psychological Bulletin*, 97, 316-333.
- Orban, E., McDonald, K., Sutcliffe, R., Hoffmann, B., Fuks, K.B., Dragano, N., ... Moebus, S. (2016). Residential road traffic noise and high depressive Symptoms after five years of follow-up: results from the Heinz Nixdorf Recall Study. *Environmental Health Perspectives*, 124, 578-585.
- Ottaviani, C., Thayer, J.F., Verkuil, B., Lonigro, A., Medea, B., Couyoumdjian, A. & Brosschot, J.F. (2015). Physiological concomitants of perseverative cognition: a systematic review and meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 142, 231–259. doi:10.1037/bul0000036
- Pedersen, E. (2015). City dweller responses to multiple stressors intruding into their homes: noise, light, odor, and vibration. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12, 3246-3263. doi:10.3390/ijerph120303246
- Peschel, C. (2006). *Umweltgerechtigkeit – Die Verteilung von Lärmbelastung und Lärmbelästigung durch Verkehrslärm auf soziale Schichten im Ruhrgebiet*. Unveröffentlichte Diplomarbeit. Lüneburg: Universität Lüneburg, Fachbereich Wirtschaftspsychologie.
- Phillips, D.R., Siu, O.L., Yeh, A.G.O. & Cheng, K.H.C., (2005). The impacts of dwelling conditions on older persons' psychological well-being in Hong Kong: the mediating role of residential satisfaction. *Social Science and Medicine*, 60, 2785–2797.
- Quehl, J., Müller, U. & Mendolia, F. (2016). Subjektive Auswirkungen nächtlichen Fluglärms auf den Schlaf vor und nach Einführung der Kernruhezeit am Flughafen Frankfurt. *Lärmbekämpfung*, 11, 87-98.
- Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 189/12 vom 18.07.2002. Zugriff am 15.12.2016. Zugriff am 05.08.2018, von <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0049&rid=1>
- Rohrmann, B. (1978). Empirische Studien zur Entwicklung von Antwortskalen für die sozialwissenschaftliche Forschung. *Zeitschrift für Sozialpsychologie*, 9, 222-245.
- Rohrmann, B. & Scharnberg, T. (1981). *Betroffenheit einer Stadt durch Lärm. Band 2: Daten-Dokumentation und Zusatzstudien*. Bericht im Auftrag des Umweltbundesamtes. UFOPLAN-Nr. 10501301. Braunschweig: Physikalisch-Technische Bundesanstalt.
- Schick, A. (1990). *Schallbewertung. Grundlagen der Lärmforschung*. Berlin u.a.: Springer.

- Schmidt, F., Kolle, K., Kreuder, K., Schnorbus, B., Wild, P., Hechtner, M. et al. (2014). Nighttime aircraft noise impairs endothelial function and increases blood pressure in patients with or at high risk for coronary artery disease. *Clinical Research in Cardiology*, 104, 23-30. doi:10.1007/s00392-014-0751-x
- Schmidtke, H., Bubb, H., Rühmann, H. & Schaefer, P. (1981). *Lärmschutz im Betrieb*. München: Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung.
- Schneid, M. (2004). Zum Einsatz stationärer Rechner, Notebooks und PDAs bei der Datenerhebung im Feld. *Zeitschrift für Sozialpsychologie*, 35, 3-13.
- Schrekenberg, D. (2008). The association between residential quality of life and aircraft noise annoyance around Frankfurt Airport. *Proceedings of Euronoise 2008* (pp. 1737-1742). Paris, France: Euronoise 29 June – 4 July 2008. CDROM.
- Schrekenberg, D., Belke, C., Faulbaum, F., Guski, R., Möhler, U. & Spilski, J. (2016). Effects of aircraft noise on annoyance and sleep disturbances before and after expansion of Frankfurt Airport – results of the NORAH study, WP 1 'Annoyance and quality of life'. *Proceedings of the Inter-Noise 2016, 45th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering* (pp. 7768-7777). Hamburg, Germany: Inter-Noise 21–24 August 2016. Retrieved October 24, 2016, from <http://pub.dega-akustik.de/IN2016/data/index.html>
- Schrekenberg, D., Belke, B. & Spilski, J. (2018). The development of a multiple-item annoyance scale (MIAS) for transportation noise annoyance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(5), 971. doi:10.3390/ijerph15050971
- Schrekenberg, D., Belke, C., Spilski, J. & Guski, R. (2017a). First results of the development of a multiple-item annoyance scale (MIAS). *Proceedings of the 12th ICBEN Congress on Noise as a Public Health Problem* (Paper N° 3634). Zurich, Switzerland: ICBEN 18–22 June 2017. Retrieved December 30, 2017, from [http://www.icben.org/2017/ICBEN%202017%20Papers/SubjectArea06\\_Schrekenberg\\_0612\\_3634.pdf](http://www.icben.org/2017/ICBEN%202017%20Papers/SubjectArea06_Schrekenberg_0612_3634.pdf)
- Schrekenberg, D., Benz, S., Belke, C., Möhler, U. & Guski, R. (2017b). The relationship between aircraft sound levels, noise annoyance and mental well-being: An analysis of moderated mediation. *Proceedings of the 12th ICBEN Congress on Noise as a Public Health Problem* (Paper N° 3635). Zurich, Switzerland: ICBEN 18–22 June 2017. Retrieved December 30, 2017, from [http://www.icben.org/2017/ICBEN%202017%20Papers/SubjectArea03\\_Schrekenberg\\_0326\\_3635.pdf](http://www.icben.org/2017/ICBEN%202017%20Papers/SubjectArea03_Schrekenberg_0326_3635.pdf)
- Schrekenberg, D., Benz, S., Kuhlmann, J., Conrady, M. & Felscher-Suhr, U. (2017c). Attitudes towards authorities and aircraft noise annoyance. Sensitivity analyses on the relationship between non-acoustical factors and annoyance. *Proceedings of the 12th ICBEN Congress on Noise as a Public Health Problem* (Paper N° 3636). Zurich, Switzerland: ICBEN 18–22 June 2017. Retrieved December 30, 2017, from [http://www.icben.org/2017/ICBEN%202017%20Papers/SubjectArea06\\_Schrekenberg\\_P28\\_3636.pdf](http://www.icben.org/2017/ICBEN%202017%20Papers/SubjectArea06_Schrekenberg_P28_3636.pdf)
- Schrekenberg, D., Eikmann, T., Faulbaum, F., Haufe, E., Herr, C., Klatte, M., ... Guski, R. (2011). NORAH – study on Noise Related Annoyance, Cognition and Health: a transportation noise effects monitoring program in Germany. *Proceedings of the 10th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN 2011)* (pp. 390-398). London, UK: ICBEN 24–28 July 2011. Retrieved December 30, 2017, from <http://www.icben.org/2011/pdf/ICBEN2011.pdf#page=391>
- Schrekenberg, D., Eikmann, T., Herr, C.E.W., zur Nieden, A. & Heudorf, U. (2009a). *Fluglärm und Gesundheit in der Rhein-Main Region 2005*. Frankfurt: Amt für Gesundheit. Zugriff am 04.08.2016, von <https://www.frankfurt.de/sixcms/media.php/738/Bericht.pdf>
- Schrekenberg, D., Faulbaum, F., Guski, R., Ninke, L., Peschel, C., Spilski, J. & Wothge, J. (2015). Wirkungen von Verkehrslärm auf die Belästigung und Lebensqualität. Endbericht. In Gemeinnützige Umwelthaus gGmbH (Hg.), *NORAH (Noise related annoyance cognition and health): Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld* (Bd. 3). Kelsterbach: Umwelthaus gGmbH. Zugriff am 27.11.2016, von [https://www.norah-studie.de/de/publikationen.html?file=files/norah-studie.de/Downloads/NORAH\\_Bd3\\_M1\\_Endbericht\\_151031.pdf](https://www.norah-studie.de/de/publikationen.html?file=files/norah-studie.de/Downloads/NORAH_Bd3_M1_Endbericht_151031.pdf)
- Schrekenberg, D., Felscher-Suhr, U. & Meis, M. (2007). Lärmbelästigung und Lebensqualität im Umfeld des Frankfurter Flughafens. *Fortschritte der Akustik*. Stuttgart: DAGA 2007.
- Schrekenberg, D., Griefahn, B. & Meis, M. (2010). The associations between noise sensitivity, reported physical and mental health, perceived environmental quality, and noise annoyance. *Noise & Health*, 12, 7-16.
- Schrekenberg, D., Heudorf, U., Eikmann, T., Herr, C.E.W., zur Nieden, A. & Meis, M. (2009b). Aircraft Noise & Health of residents living in the vicinity of Frankfurt Airport. *Proceedings of Euronoise 2009* (Paper N° 445). Edinburgh, Scotland: Euronoise 26–28 October 2009.
- Schrekenberg, D. & Meis, M. (2006). *Belästigung durch Fluglärm im Umfeld des Frankfurter Flughafens. Gutachten im Auftrag des Regionalen Dialogforums Flughafen Frankfurt*. Endbericht. Bochum, Oldenburg: AG Fluglärmwirkung. Zugriff am 04.08.2016, von <http://www.verkehrslaermwirkung.de/RDF0911.pdf>
- Schrekenberg, D. & Meis, M. (2007a). Lärmbelästigung und Lebensqualität in der Bevölkerung am Frankfurter Flughafen. *Lärmbekämpfung*, 2, 225-235.

- Schrekenberg, D. & Meis, M. (2007b). Noise annoyance around an international airport planned to be extended. *Proceedings of Inter-Noise* (Paper N° 387). Istanbul, Turkey: Inter-Noise 28–31 August 2007.
- Schrekenberg, D. & Meis, M. (2008). Erratum zum Beitrag "Lärmbelästigung und Lebensqualität in der Bevölkerung am Frankfurter Flughafen" von Schrekenberg & Meis (2007). *Lärmbekämpfung*, 3, 157.
- Schrekenberg, D., Meis, M., Kahl, C., Peschel, C. & Eikmann, T. (2010). Aircraft noise and quality of life around Frankfurt Airport. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7, 3382–3405. doi:10.3390/ijerph7093382
- Schrekenberg, D., Möhler, U., Liepert, M. & Schuemer, R. (2013). The impact of railway grinding on noise levels and residents' noise responses—Part II: The role of information. *Proceedings of the Inter-Noise and Noise-Con Congress and Conference* (Paper N° 250). Innsbruck, Austria: Inter-Noise 15–18 September 2013.
- Schrekenberg, D. & Schuemer, R. (2010). The impact of acoustical, operational and non-auditory factors on short-term annoyance due to aircraft noise. *Proceedings of Inter-Noise 2010* (Paper N° 333). Lisbon, Portugal: Inter-Noise 13–16 June 2010. CDROM.
- Schuemer, R. & Schrekenberg, D. (2000). Änderung der Lärmbelästigung bei Maßnahme bedingter, stufenweise veränderter Geräuschbelastung: Hinweise auf einige Befunde und Interpretationsansätze. *Zeitschrift für Lärmbekämpfung*, 47, 134–143.
- Schultz, T.J. (1978). Synthesis of social surveys on noise annoyance. *Journal of the Acoustical Society of America*, 64, 377–405.
- Schütte, M., Marks, A., Wenning, E. & Griefahn B. (2007). The development of the noise sensitivity questionnaire. *Noise & Health*, 9, 15–24.
- Seidler, A.L., Hegewald, J., Schubert, M., Weihofen, V.M., Wagner, M., Dröge, P., ... Seidler, A. (2018). The effect of aircraft, road, and railway traffic noise on stroke – results of a case-control study based on secondary data. *Noise & Health*, 20, 152–161.
- Seidler, A., Hegewald, J., Seidler, A.L., Schubert, M., Wagner, M., Dröge, P., Haufe, E., Schmitt, J., Swart, E. & Zeeb, H. (2017). Association between aircraft, road and railway traffic noise and depression in a large case-control study based on secondary data. *Environmental Research*, 152, 263–271.
- Seidler, A., Wagner, M., Schubert, M., Dröge, P., Pons-Kühnemann, J., Swart, E., Zeeb, H. & Hegewald, J. (2016). Myocardial infarction risk due to aircraft, road and rail traffic noise—results of a case-control study based on secondary. *Deutsches Ärzteblatt International*, 113, 407–414. doi:10.3238/arztebl.2016.0407
- Seidler, A., Wagner, M., Schubert, M., Dröge, P., Römer, K., Pons-Kühnemann, J., Swart, E., Zeeb, H. & Hegewald, J. (2016). Aircraft, road and railway traffic noise as risk factors for heart failure and hypertensive heart disease – A case-control study based on secondary data. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 219, 749–758.
- Shadish, W.R. & Cook, T.D. (2009). The renaissance of field experimentation in evaluating interventions. *Annual Review of Psychology*, 60, 607–629.
- Shepherd, D., Welch, D., Dirks, K.N. & Mathews, R. (2010). Exploring the relationship between noise sensitivity, annoyance and health-related quality of life in a sample of adults exposed to environmental noise. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7, 3579–3594.
- Smith, A., Nutt, D., Wilson, S., Rich, N., Hayward, S. & Hetherley, S. (2002). *Noise and insomnia: a study of community noise exposure, sleep disturbance, noise sensitivity and subjective reports of health*. Report to the UK Department of Health and Department of Environment, Transport and the Regions. Cardiff, Bristol.
- Sørensen, M., Hvidberg, M., Andersen, Z.J., Nordsborg, R.B., Lillielund, K.G., Jakobsen, J., ... Raaschou-Nielsen, O. (2011). Road traffic noise and stroke: a prospective cohort study. *European Heart Journal*, 32, 737–744.
- Sörensen, S. (1970). *On the possibilities of changing the annoyance reaction to noise by changing the attitudes to the source of annoyance*. Stockholm: Tryckeri Balder AB.
- Spilski, J., Bergström, K., Mayerl, J., Möhler, U., Lachmann, T. & Klatte, M. (2017). Aircraft noise exposure and children's cognition: evidence for a daytime NAT criterion. *Proceedings of Inter-Noise 2017*. Hong-Kong, China: Inter-Noise 27–30 August 2017.
- Stallen, P. J. M. (1999). A theoretical framework for environmental noise annoyance. *Noise & Health*, 1, 69–80.
- Stansfeld, S.A. (1992). Noise, noise sensitivity and psychiatric disorder: epidemiological and psychophysiological studies. *Psychological Medicine Supplement*, 22, 1–44.
- Stansfeld, S.A., Berglund, B., Clark, C., Lopez-Barrio, I., Fischer, P., Öhrström, E. et al. on behalf of the RANCH study team (2005). Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. *Lancet*, 365, 1942–1949.
- Stansfeld, S.A., Clark, C.R., Jenkins, L.M. & Tarnopolsky, A. (1985) Sensitivity to noise in a community sample: I: Measurement of psychiatric disorder and personality. *Psychological Medicine*, 15, 243–254.
- Tarnopolsky, A., Barker, S.M., Wiggins, R.D. & McLean, E.K. (1978). The effect of aircraft noise on the mental health of a community sample: a pilot study. *Psychological Medicine*, 8, 219–233.
- Taylor, S. M. (1984). A path model of aircraft noise annoyance. *Journal of Sound and Vibration*, 96, 243–260.

- U.S. EPA Environmental Protection Agency (1973). Public health and welfare criteria for noise. Report No. 550/9-73-002. Washington D.C. Retrieved September 5, 2016, from <http://www.nonoise.org/epa/Roll1/roll1doc3.pdf>
- Umweltbundesamt. (1999). *Entwurf der neuen zivilen AzB-Flugzeugklassen*, Berlin: Umweltbundesamt, I 3.3 - 60 112/5, 1999. Zugriff am 30.12.2017, von [http://www.datakustik.com/fileadmin/AzB\\_Flugzeuggruppen\\_NEU.pdf](http://www.datakustik.com/fileadmin/AzB_Flugzeuggruppen_NEU.pdf). Verfügbar auch unter <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/97786/>
- Urban, J. & Máca, V. (2013). Linking Traffic Noise, Noise Annoyance and Life Satisfaction: A Case Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10, 1895-1915.
- Van Gerven, P.W.M., Vos, H., Van Boxtel, M.P.J., Janssen, S.A. & Miedema, H.M.E. (2009). Annoyance from environmental noise across the lifespan. *Journal of the Acoustical Society of America*, 126, 187-194.
- Van Kamp, I. (1990). *Coping with Noise and its Health Consequences*. Dissertation. Groningen: Styx & PP Publications.
- Van Kamp, I. & Brown, A.L. (2013). Response to change in noise exposure: an update. *Proceedings of Acoustics 2013*. Victor Haber, Australia: Inter-Noise 17–20 November 2013.
- Van Kamp, I. & Davies, H. (2008). Environmental noise and mental health: Five year review and future directions; In Griefahn, B. (Ed.): *Noise as a public health problem. Proceedings of 9th Congress of the International Commission on the Biological Effects of Noise (ICBEN) 2008, Mashantucket, Connecticut, USA* (pp. 295-301). Dortmund: Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund.
- Van Kamp, I. & Davies, H. (2013). Noise & Health in vulnerable groups: A review. *Noise & Health*, 15, 153-159.
- Van Kamp, I., Houthuijs, D., Van Wiechen, C. & Breugelmans, O. (2007). Environmental noise and mental health: evidence from the Schiphol monitoring program. *Proceedings of Inter-Noise 2007* (Paper N° 132). Istanbul, Turkey: Inter-Noise 28–31 August 2007.
- Van Kamp, I., Job, R.F.S., Hatfield J., Haines, M., Stellato, R.K. & Stansfeld, S.A. (2004). The role of noise sensitivity on the noise-response relation: A comparison of three international airport studies. *Journal of the Acoustical Society of America*, 116, 3471-3479.
- Van Kamp, I., Van Kempen, E., Baliatsas, C. & Houthuijs, D. (2013). Mental health as context rather than health outcome of noise: competing hypotheses regarding the role of sensitivity, perceived soundscapes and restoration. *Proceedings of Inter-Noise 2013*. Innsbruck, Austria: Inter-Noise 15–18 September 2013.
- van Kempen, E.E.M.M. & Van Kamp, I. (2005). *Annoyance from air traffic noise. Possible trends in exposure-response relationships*. Report 01/2005 MGO EvK, Reference 00265/2005, Bilthoven (NL): RIVM.
- Van Poll, R. (1997). The perceived quality of the urban residential environment. A multi-attribute evaluation. Dissertation. Groningen, Niederlande: Rijksuniversiteit Groningen. Zugriff am 04.01.2016, von <http://www.rug.nl/research/portal/files/3214891/titlecon.pdf>
- Van Renterghem, T. & Botteldooren, D. (2012). Focused study on the quiet side effect in dwellings highly exposed to Road traffic noise. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9, 4292-4310. doi:10.3390/ijerph9124292
- VDI Verband Deutscher Ingenieure 3722 Blatt 2:2013-05 (2013). *Wirkung von Verkehrsräuschen - Blatt 2: Kenngrößen beim Einwirken mehrerer Quellenarten*. Richtlinie des Verbands Deutscher Ingenieure. Berlin: Beuth.
- Vogt, J. (2005). The relative impact of aircraft noise and number in a full-factorial laboratory design. *Journal of Sound and Vibration*, 282, 1085-1100.
- Von Zerssen, D. & Petermann, F. (2011). *B-LR—Beschwerden-Liste—Revidierte Fassung*. Göttingen: Hogrefe.
- Von Lindern, E., Hartig, T. & Lercher, P. (2014). Assessing the relationship between perceived disturbances from traffic, restorative qualities of the living environment, and health. *Proceedings of Inter-Noise* (Paper N° 362). Melbourne, Australia: Inter-Noise 16–19 November 2014.
- Von Lindern, E., Hartig, T. & Lercher, P. (2016). Traffic-related exposures, constrained restoration, and health in the residential context. *Health & Place*, 39, 92–100
- Watson, D. & Clark, L.A. (1984). Negative affectivity: The disposition to experience aversive emotional states. *Psychological Bulletin*, 96, 465-490.
- Watson, D. & Pennebaker, J.W. (1989). Health complaints, stress, and distress: Exploring the central role of negative affectivity. *Psychological Review*, 96, 234-254.
- Weinstein, N.D. (1980). Individual differences in critical tendencies and noise annoyance. *Journal of Sound & Vibration*, 68, 241-248.
- Welch, D., Shepherd, D., Dirks, K.N., McBride, D. & Marsh, S. (2013). Road traffic Noise & Health-related quality of life: A cross-sectional study. *Noise & Health*, 15, 224-230.
- Winkler, J. (1998). Die Messung des sozialen Status mit Hilfe eines Index in den Gesundheitssurveys der DHP. In RKI-Schriften 1/1998, *Messung soziodemographischer Merkmale in der Epidemiologie* (S. 69-74). München: MMV Medizin Verlag München.

- Winkler, J. & Stolzenberg, H. (1999). Der Sozialschichtindex im Bundesgesundheitsurvey. *Gesundheitswesen* 61, Sonderheft 2, 178–183.
- Wirth, K. (2004). *Lärmstudie 2000. Die Belästigungssituation im Umfeld des Flughafens Zürich*. Aachen: Shaker.
- World Health Organization (WHO). (2011). *Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe*. Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office for Europe. Zugriff am 17.08.2018, von [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0008/136466/e94888.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf).
- Wothge, J., Belke, C., Möhler, U., Guski, R. & Schreckenberger, D. (2017). The combined effects of aircraft and road traffic noise and aircraft and railway noise on noise annoyance – an analysis in the context of the joint research initiative NORAH. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(8), 871. doi:10.3390/ijerph14080871
- Zeeb, H., Hegewald, J., Schubert, M., Wagner, M., Dröge, P., Swart, E., & Seidler, A. (2017). Traffic noise and hypertension - results from a large case-control study. *Environmental Research*, 157, 110-117.
- Zimmer, K. & Ellermeier, W. (1998). Konstruktion und Evaluation eines Fragebogens zur Erfassung der individuellen Lärmempfindlichkeit. *Diagnostica*, 44, 11-20.
- Zimmer, K. & Ellermeier, W. (1999). Psychometric properties of four measures of noise sensitivity. *Journal of Environmental Psychology*, 19, 295-302.
- Zur Nieden, A., Ziedorn, D., Römer, K., Spilski, J., Möhler, U., Harpel, S., ... Eikmann, T. (2016a). NORAH - field study: The Effects of chronic exposure to traffic noise (aircraft, railway and road) on self-measured blood pressure. *Proceedings of the Inter-Noise 2016, 45th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering*. (pp. 7787-7791). Hamburg, Germany: Inter-Noise 21–24 August 2016. Retrieved October 24, 2016, from <http://pub.dega-akustik.de/IN2016/data/index.html>
- Zur Nieden, A., Ziedorn, D., Römer, K., Spilski, J., Möhler, U., Harpel, S., ... Eikmann, T. (2016b). NORAH - field study: The Effects of chronic exposure to traffic noise (aircraft, railway and road) on hypertension. *Proceedings of the Inter-Noise 2016, 45th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering*. (pp. 2671-2674). Hamburg, Germany: Inter-Noise 21–24 August 2016. Retrieved October 24, 2016, from <http://pub.dega-akustik.de/IN2016/data/index.html>
- zur Nieden, A., Ziedorn, D., Römer, K., Spilski, J., Möhler, U., Harpel, S., ... Eikmann, T. (2017). Blood pressure monitoring (NORAH study): exposure to maximum sound levels of nocturnal aircraft noise and self-measured blood pressure. *Proceedings of the 12th ICBEN Congress on Noise as a Public Health Problem* (Paper N° 3969). Zurich, Switzerland: ICBEN 18–22 June 2017. Retrieved December 30, 2017, from [http://www.icben.org/2017/ICBEN%202017%20Papers/SubjectArea03\\_zur%20Nieden\\_0306\\_3969.pdf](http://www.icben.org/2017/ICBEN%202017%20Papers/SubjectArea03_zur%20Nieden_0306_3969.pdf)

## Teil II. Publikationsbeiträge

---

### Publikationsbeitrag I:

Schreckenberg, D., Meis, M., Kahl, C., Peschel, C. & Eikmann, T. (2010). Aircraft noise and quality of life around Frankfurt Airport. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7, 3382-3405. doi:10.3390/ijerph7093382

### Publikationsbeitrag II:

Schreckenberg, D., Griefahn, B., Meis, M. (2010). The associations between noise sensitivity, reported physical and mental health, perceived environmental quality, and noise annoyance. *Noise & Health*, 12(46), 7-16.

### Publikationsbeitrag III:

Schreckenberg, D., Eikmann, T., Faulbaum, F., Haufe, E., Herr, C., Klatte, M. et al. (2011). NORAH – study on Noise-Related Annoyance, Cognition and Health: a transportation noise effects monitoring program in Germany. *Proceedings of the 10th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN 2011)*, London (pp. 390-398). Retrieved December 30, 2017, from <http://www.icben.org/2011/pdf/ICBEN2011.pdf#page=391>





# **Publikation I: Aircraft noise and quality of life around Frankfurt Airport**

**Dirk Schreckenberger <sup>1,\*</sup>, Markus Meis <sup>2</sup>, Cara Kahl <sup>3</sup>, Christin Peschel <sup>1</sup> and Thomas Eikmann <sup>4</sup>**

<sup>1</sup> ZEUS GmbH, Sennbrink 46, 58093 Hagen, Germany; E-Mail: peschel@zeusgmbh.de (C.P.)

<sup>2</sup> Hörzentrum Oldenburg GmbH, Marie-Curie-Str. 2, 26129 Oldenburg, Germany; E-Mail: M.Meis@Hoerzentrum-Oldenburg.de (M.M.)

<sup>3</sup> Department of Psychology, University Hamburg, Von-Melle-Park 5, 20146 Hamburg, Germany; E-Mail: cara.kahl@uni-hamburg.de (C.K.)

<sup>4</sup> Institute of Hygiene and Environmental Medicine, Faculty of Medicine, Justus-Liebig-University Giessen, Friedrichstr. 16, D-35392 Giessen, Germany; E-Mail: thomas.eikmann@hygiene.med.uni-giessen.de (T.E.)

\* Author to whom correspondence should be addressed; E-Mail: schreckenberger@zeusgmbh.de; Tel.: +49-2331-4787-194; Fax: +49-2331-4787-592.

erschienen in International Journal of Environmental Research and Public Health, 2010, 7, 3382-3405. doi:0.3390/ijerph7093382

*Article*

# Aircraft Noise and Quality of Life around Frankfurt Airport

Dirk Schreckenberger <sup>1,\*</sup>, Markus Meis <sup>2</sup>, Cara Kahl <sup>3</sup>, Christin Peschel <sup>1</sup> and Thomas Eikmann <sup>4</sup>

<sup>1</sup> ZEUS GmbH, Sennbrink 46, 58093 Hagen, Germany; E-Mail: peschel@zeusgmbh.de (C.P.)

<sup>2</sup> Hörzentrum Oldenburg GmbH, Marie-Curie-Str. 2, 26129 Oldenburg, Germany;  
E-Mail: M.Meis@Hoerzentrum-Oldenburg.de (M.M.)

<sup>3</sup> Department of Psychology, University Hamburg, Von-Melle-Park 5, 20146 Hamburg, Germany;  
E-Mail: cara.kahl@uni-hamburg.de (C.K.)

<sup>4</sup> Institute of Hygiene and Environmental Medicine, Faculty of Medicine, Justus-Liebig-University  
Giessen, Friedrichstr. 16, D-35392 Giessen, Germany;  
E-Mail: thomas.eikmann@hygiene.med.uni-giessen.de (T.E.)

\* Author to whom correspondence should be addressed; E-Mail: schreckenberger@zeusgmbh.de;  
Tel.: +49-2331-4787-194; Fax: +49-2331-4787-592.

*Received: 16 July 2010; in revised form: 26 August 2010 / Accepted: 26 August 2010 /*

*Published: 31 August 2010*

---

**Abstract:** In a survey of 2,312 residents living near Frankfurt Airport aircraft noise annoyance and disturbances as well as environmental (EQoL) and health-related quality of life (HQoL) were assessed and compared with data on exposure due to aircraft, road traffic, and railway noise. Results indicate higher noise annoyance than predicted from general exposure-response curves. Beside aircraft sound levels source-related attitudes were associated with reactions to aircraft noise. Furthermore, aircraft noise affected EQoL in general, although to a much smaller extent. HQoL was associated with aircraft noise annoyance, noise sensitivity and partly with aircraft noise exposure, in particular in the subgroup of multimorbid residents. The results suggest a recursive relationship between noise and health, yet this cannot be tested in cross-sectional studies. Longitudinal studies would be recommendable to get more insight in the causal paths underlying the noise-health relationship.

**Keywords:** aircraft noise; annoyance; disturbance; non-acoustical factors; noise sensitivity; environment; health; quality of life; stress theory; HQoL; EQoL

---

## 1. Introduction

Frankfurt Airport (Frankfurt am Main, Germany) is an important international airport in Europe with an estimated 486,000 movements (10% at night-time), 53 million passengers and 2 million tons of cargo (in 2008). For 2020 about 701,000 movements (88 Mio passengers, more than 3 million tons of cargo) are predicted. In order to manage this predicted amount of movements it is intended to construct a new 4th runway to increase the current capacity of 83 to 120 flight movements per hour. The opening of the new runway is expected in 2011.

After the announcement of the airport expansion in 1998 a regional mediation process started and a round table, the Regional Dialogue Forum Frankfurt Airport (RDF), was formed in order to continue information on and discussion about the development of the airport. Members of the RDF are representatives of action groups, local authorities, trade unions, churches, regional industry, and aviation industry. After a feasibility study about the assessment of aircraft noise effects was carried out in 2003 [1] the RDF commissioned a main field study on the effects of aircraft noise in communities in the vicinity of Frankfurt Airport. This main field study (FRA-S) was carried out from 2004 to 2006 and took place before the final approval decision about the expansion was made at the end of 2007. The study aimed at assessing the reactions to aircraft noise of residents around an international airport in a situation between the announcement and the planned implementation of the expansion of the airport. The objectives of the field study in particular were:

- to assess the impact of aircraft noise before airport expansion, *i.e.*, the construction of the new 4th runway;
- to get an update of the regional exposure-response relationship for aircraft noise annoyance and disturbances due to aircraft noise (communication, restoration, concentration/work, sleep);
- to get information about the *status quo* of environmental and health-related quality of life and any effects of aircraft noise on that *status quo*.

A report with the results of the study was finalized in 2006 [2]. This article presents the main findings of FRA-S with regard to reactions to aircraft noise (annoyance) and more comprehensive outcomes concerning the environmental and health-related quality of life.

## 2. Working Model of Aircraft Noise Effects

To meet the objectives as defined by the RDF the study comprises, beside the assessment of aircraft noise exposure, instruments for the ascertainment of aircraft noise annoyance and its non-acoustical co-determinants, as well as instruments for the assessment of environmental (EQoL) and health-related quality of life (HQoL).

The underlying theoretical concept used as a working model in this study is based on noise-related stress models [3,4] referring to the transactional stress concept of Lazarus and colleagues [5]. These

models describe the relationship between noise exposure, coping, and annoyance [4], and further mental as well as physical health outcomes [3]. That is, long-term noise annoyance can be understood as strain (reappraisal) resulting from an assessment process including the perceived disturbance and annoyance due to the sound (primary appraisal) and the perceived control over the noise situation [6], *i.e.*, among others the perceived possibilities to cope with noise [3] (secondary appraisal). Chronic psychological strain, going along with physiological stress reactions to noise exposure [7] may increase the risk of health problems, in particular cardiovascular diseases [7] and/or disorders in mental health [8].

Whereas van Kamp [3] describes the role of appraisal of stressors (noise), activation, and coping with the noise for the prediction of health complaints, Stallen [4] points out the importance of the social aspect of noise (“you expose me”) on perceived control and, thus, on annoyance and further source-related attitudes. Stallen’s model provides a theoretical frame for the often found associations between non-acoustical, attitudinal factors (e.g., attitudes towards the source and towards authorities) and noise annoyance [9–11] indicating that these attitudes co-determine noise annoyance in a similar or even higher extent than the annoying sound itself [10,12]. Stallen identifies the noise policy or the way the sound production is managed as a second external stimulus of stress reactions to noise in addition to the sound itself. This social-psychological perspective of noise reactions is supported by findings about the impact of procedural (un-)fairness [13] and the regional political discourse [14] on aircraft noise annoyance.

In environmental psychological approaches the role of the perceived environmental context on human’s well-being and health (person-environment fit) has been emphasized for many years and stress models as described above are supplemented by the description of the restorative as well as aversive impact of the (physical) environment [15]. Following this research perspective, aircraft noise can be understood as an environmental stressor affecting the perceived environmental quality as well as stress-induced health outcomes.

In a similar way, the multi-dimensional concept of quality of life, including aspects of emotional, functional, mental, physical, and social well-being as perceived by the individual [16], offers a wide frame to investigate the possible health-related outcomes of (aircraft) noise. In several studies the association between transportation noise, environmental (EQoL) and health-related quality of life (HQoL) was investigated [17–19]. In this study, in line with the suggestion of Lercher [20] to combine transactional and contextual stress models (including environmental context factors) and to conceptually integrate the notion of EQoL and HQoL in environmental health impact assessment, the noise-related stress concept and the deduced instruments and assessments include the following aspects:

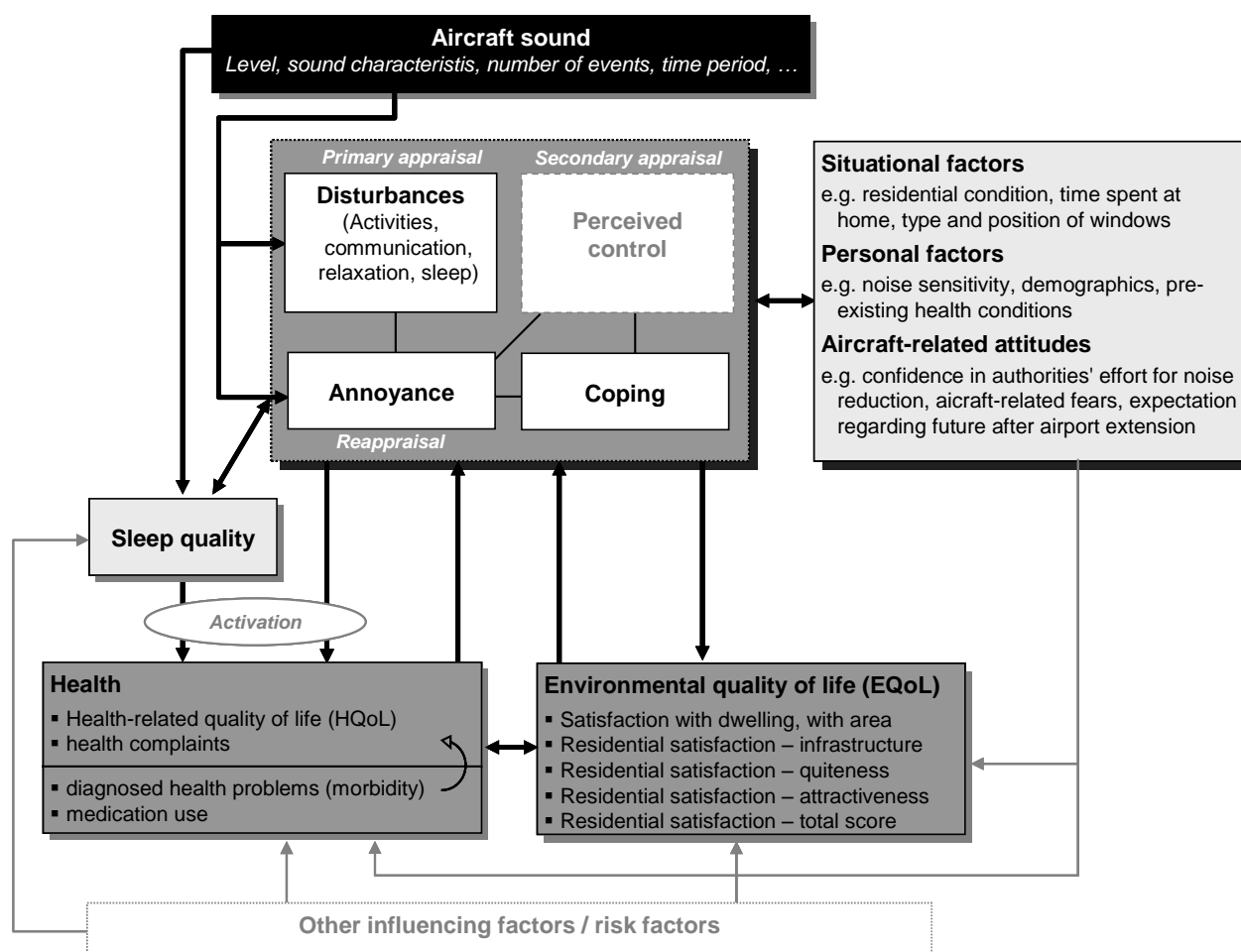
- Aircraft noise exposure as the environmental stressor of interest.
- Psychological reactions to aircraft noise: disturbances due to aircraft noise, measures to cope with aircraft noise and—as a key psychological stress reaction—aircraft noise annoyance, defined as “a psychological concept which describes a relation between an acoustic situation and a person who is forced by noise to do things he/she does not want to do, who cognitively and emotionally evaluates this situation and feels partly helpless” [21, p. 525].
- Contextual, personal and attitudinal (social) factors potentially co-determining noise reactions

- Sleep quality potentially affected directly by aircraft noise exposure at night or indirectly by the reactions to aircraft noise at daytime.
- Health-related variables as further outcomes of aircraft noise: health complaints, HQoL.
- EQoL: Residential satisfaction in total and with regard to infrastructure, quietness, attractiveness.

Note, that, although there is evidence of impacts of noise on health (mediated by psychological noise reactions), the aircraft noise exposure-annoyance-health association can also be interpreted the other way around: that is, vulnerable people—those who are more sensitive to noise and/or those who suffer from pre-existing illness—may have reduced behavioural or cognitive resources to cope with the noise exposure and therefore react with stronger annoyance to the noise and, hence, perceive a reduced HQoL [22]. It was shown in other publications concerning the FRA-S data that the prevalence of chronic and acute health diseases ever diagnosed by a doctor as well as the frequency of medicine use were not associated with aircraft noise exposure in terms of higher prevalence of diseases and medical consumption with increasing aircraft sound levels [23,24]. However, several diagnosed diseases and the use of headache drugs, sleeping drugs, calmatives, and asthma drugs were found to be associated with noise sensitivity [24], an individual disposition that, while independent from noise exposure, increases the susceptibility of an individual to noise in general [25]. Whether noise sensitivity and the diagnosed health diseases and medical consumption, respectively, are both indicators of a general ‘vulnerability’ [26,27] or of a common underlying personal dimension such as neuroticism [28] or negative affectivity [29,30], or whether pre-existing illnesses modify the sensitivity to noise (and other environmental stressors) in general, and therewith causes elevated reactions to noise, is not yet clear. Nevertheless, it is plausible to assume that most of the assessed diagnosed diseases and medical consumption indicate objective health problems and therewith resident's morbidity which (pre-)exists independently from the aircraft noise exposure. It is further hypothesized that multimorbidity—here defined as the occurrence of two or more health diseases –, cause, similar to noise sensitivity, a reduced ability to cope with aircraft noise and in line with this moderates the impact of aircraft noise on HQoL.

Similar to the health variables, residential satisfaction and noise reactions such as annoyance may be reciprocally associated with each other. Several studies found associations of residential satisfaction with noise annoyance [31,32]. It is somewhat unclear whether residential satisfaction is a secondary reaction to noise (mediated by annoyance) or a modifier of noise reactions prior to noise annoyance or both.

The different variables of reactions to noise, further outcomes with regard to HQoL and EQoL as well as potential personal, attitudinal and situational factors co-determining these variables are included in a summarized conceptual model of aircraft noise effects in Figure 1. It is not the aim of this paper to verify this model in detail. In FRA-S the working model was rather used as an orientation for the development of the questionnaires and the statistical analyses.

**Figure 1.** Conceptual working model of aircraft noise effects.

### 3. Methods

#### 3.1. Sample and Procedure

The field study on the effects of aircraft noise on residents' quality of life was carried out in 2005 in communities within a 40-kilometre distance from Frankfurt Airport. The subjects were sampled using a stratified random sampling method. That is, 66 residential areas were selected according to the aircraft noise exposure in 2003 with equivalent sound level contours for daytime  $L_{Aeq,16h}$  (6 am to 10 pm) as strata (see [2] for more details). Within the selected areas a total of 3,795 randomly selected residents was asked for an interview, of which 2,312 took part in the study (response rate 61%). The interviews were carried out from April to December 2005. The month in which a subject was contacted by the interviewer was selected at random. The participants were interviewed in face-to-face interviews (on average 45 minutes long) with regard to their residential situation, health-related quality of life, annoyance and disturbances due to noise, in particular to aircraft noise (study part I). The exposure to noise from aircraft, railway and road traffic noise was calculated for the address of each participant. In addition, a subsample of 200 persons assessed on four successive days their hourly aircraft noise annoyance, main activity, location, and—in case of indoor stay—the window position (study part II). This article presents the results of study part I.

### 3.2. Measures

#### 3.2.1. Noise Exposure

For the address of each participant aircraft noise exposure was modelled on the base of the flight movements of the six busiest months of the year 2005 according to the German aircraft noise calculation procedure with aircraft categories as proposed by the German Federal Environment Agency in 1999 (A<sub>z</sub>B-99; [33]). Several acoustical parameters were calculated including the equivalent sound level ( $L_{Aeq}$ ), maximum sound level ( $L_{max}$ ), and number of events (flight movements) above specified thresholds. For the analyses described in this article, aircraft noise load was indicated by the equivalent sound level for daytime ( $L_{Aeq,16h}$ ; 6 am–10 pm), night-time ( $L_{Aeq,8h}$ ; 10 pm–6 am), and for 24 hours of the day using the Day-Night level  $L_{dn}$  (including a penalty of 10 dB(A) for the night-time) as well as the Day-Evening-Night Level  $L_{den}$  (including a penalty of 5 dB(A) for the evening and 10 dB(A) penalty for the night-time). In addition, address-related road traffic and railway sound levels for daytime ( $L_{Aeq,16h}$ ) and for the night-time ( $L_{Aeq,8h}$ ) were assessed on the base of noise maps.

#### 3.2.2. Questionnaire

According to the conceptual model of aircraft noise effects described above, the following topics were assessed in the questionnaires:

- Residential situation and residential satisfaction
- Reactions to environmental noise, in particular aircraft noise
- Attitudes related to aircraft and Frankfurt Airport in general
- Health-related variables: health-related quality of life, health complaints, diagnosed diseases, use of medicine, sleep quality
- Personal factors: socio-demographic factors, individual noise sensitivity

The variables assessed in the questionnaire and analyzed within the context of this paper are listed in Appendix 1 of this article.

## 4. Results

Altogether, 2,312 residents were interviewed in the field study. In one case the address was not matched to the correct Gauss-Krueger coordinates, which were necessary to estimate address-related aircraft noise exposure. Therefore, the statistical analyses are based on data of 2,311 persons. The sample distributions of the study participants with regard to gender, age, socio-economical status, and aircraft noise exposure are shown in tables 2 and 3.

**Table 2.** Number of participants by gender, age, and socio-economic status.

Variable		N	% valid
Gender	Male	1,034	44.8
	Female	1,276	55.2
	Missing <sup>#</sup>	1	
Age	17–19 years	69	3.0
	20–29 years	240	10.5
	30–39 years	293	12.8
	40–49 years	420	18.4
	50–59 years	344	15.1
	60–69 years	440	19.3
	70–79 years	322	14.1
	80 years and more	155	6.8
	Missing	28	
Socio-economic status	Low	318	14.6
	Middle	1,145	52.5
	High	717	32.9
	Missing	131	

<sup>#</sup> In one case during the study (between study part I and II) a sex change occurred.

**Table 3.** Number of participants by indicators of aircraft noise exposure.

Sound level class ( $L_{Aeq}$ ) in dB	Day-Evening-Night		Day-Night		Day		Night	
	$L_{den}$ in dB		$L_{dn}$ in dB		$L_{Aeq,16h}$ in dB		$L_{Aeq,8h}$ in dB	
	N	%	N	%	N	%	N	%
<40	0	4.2	132	5.7	0	0	381	16.5
40–45	98	22.7	560	24.2	363	15.7	741	32.1
45–50	524	26.6	597	25.8	565	24.4	462	20.0
50–55	615	19.2	506	21.9	497	21.5	523	22.6
55–60	443	27.3	516	22.3	700	30.3	204	8.8
≥60	631				186	8.0	0	0.0
Total	2,311	100.0	2,311	100.0	2311	100.0	2,311	100.0
Mean	54.7		54.1		51.9		45.9	
Standard deviation	6.1		5.9		6.2		6.6	
Minimum	42.4		41.9		40.8		24.4	
Maximum	65.9		64.8		62.7		57.6	

#### 4.1. Aircraft Noise Annoyance

Results of correlation analyses between parameters of aircraft noise exposure and the aircraft noise annoyance experienced by the interviewed residents indicate that aircraft noise annoyance is associated with sound levels (equivalent, mean maximum sound level) as well as with the number of flyovers (N55, N70). However, the strongest exposure-annoyance relationship for aircraft noise was found between the equivalent sound level and aircraft noise annoyance (Table 4).



**Table 4.** Product-moment correlation between aircraft noise annoyance in the last 12 months before the interview and parameters of aircraft noise exposure.

	Scale	n	Equivalent sound level (unweighted, weighted)			Mean maximum sound level		Number of events above threshold	
			$L_{Aeq,24h}$	$L_{den}$	$L_{dn}$	$L_{max55,24h}$	$L_{max70,24h}$	$N_{55,24h}$	$N_{70,24h}$
Aircraft noise annoyance	5-pt.	2,308	0.45	0.43	0.42	0.39	0.34	0.33	0.34
	11-pt.	2,272	0.43	0.42	0.41	0.36	0.29	0.34	0.34

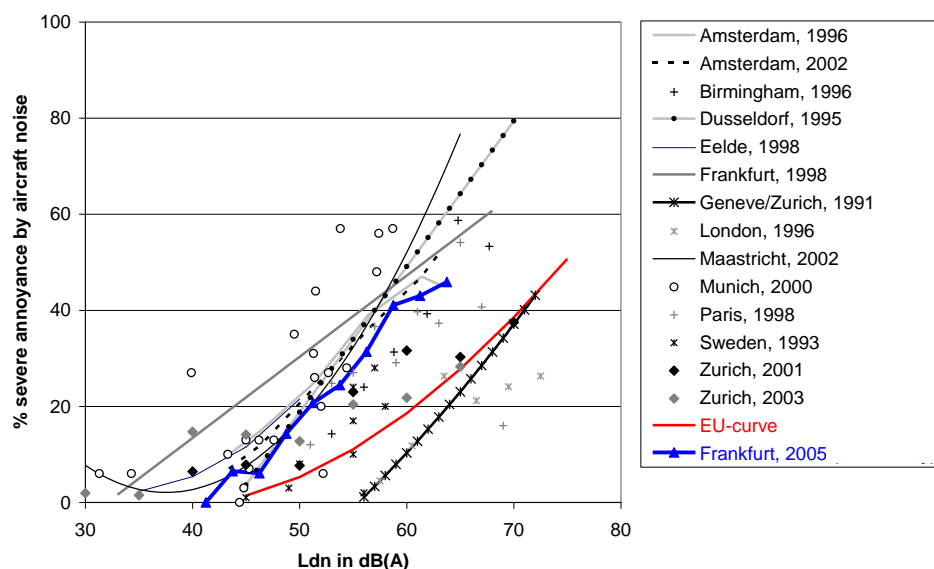
Exposure-response relationships were analyzed for the percentage of highly annoyed people. According to Schultz [41], a person has been defined as being highly annoyed (HA) when he or she chose the upper 27–28% of categories of the annoyance scale. This is the case for annoyance judgments of category 8 or higher on the 11-point scale. Results of this study with regard to the percentage of people highly annoyed by aircraft noise (%HA) was compared with findings of other international studies. Figure 2 shows the international comparison with regard to %HA related to the Day Night Level  $L_{dn}$  [42]. As can be seen, moderate sound levels already lead to severe noise annoyance due to aircraft noise. Compared to the generalized curve for %HA due to aircraft noise revealed by the meta-analysis of Miedema and Oudshoorn [43], also published in the EU position paper on noise annoyance with regard to  $L_{den}$  ([44] see red ‘EU-curve’), the blue ‘Frankfurt curve’ indicates higher annoyance at a given Day Night Level  $L_{dn}$ . Nevertheless, the ‘Frankfurt 2005-curve’ is largely in line with most of the findings of the other field studies presented in Figure 2 and with results of further recently published studies not presented in Figure 2 [46,47]. The underlying data of the ‘EU-curve’ date from 1965 to 1992. Some authors suggest that the recently published studies on aircraft noise annoyance not included in the meta-analyses of Miedema and colleagues indicate a trend of increasing aircraft noise annoyance at a given sound level over the last decades [42,47,48]. These authors consider the respective EU-curve on aircraft noise annoyance as outdated.

In order to identify further aircraft noise reactions and non-acoustical factors associated with aircraft noise annoyance correlation analyses have been done between aircraft noise exposure, annoyance, and further reactions to aircraft noise as well as attitudinal, situational, and personal factors. The coefficients are presented in Table 5.

Aircraft noise annoyance is relative highly correlated with all disturbance judgments, both with disturbances of daily activities indoors (day and night) and outdoors (Table 5). In accordance with this result, with increasing sound levels and aircraft noise annoyance residents more often take measures to cope with the aircraft noise and to avoid disturbances due to aircraft noise. The results in Table 5 further indicate that the source-related attitudes and expectations are associated with aircraft noise annoyance. This is in line with results of many field studies on community reactions to noise [9,11]. These attitudes are also in a less degree but still significant (except positive expectations) correlated with the aircraft sound level. The correlation with aircraft noise exposure decreases after adjusting for annoyance. This indicates that the attitudes can be understood as (secondary) reactions to aircraft noise partly mediated by annoyance. This is confirmed by the finding that each partial correlation between aircraft sound level and annoyance controlled by each attitudinal factor is marginal lower in comparison to the zero-order correlation between aircraft sound level and annoyance. The

interpretation of the source-related attitudes as secondary to aircraft noise annoyance is also supported by results of structural equation modeling done by Kroesen and colleagues, who found that none of the paths from the psychological factors to aircraft noise annoyance were significant, whereas for a part of the attitudinal factors (concern about negative health effects of noise, belief that noise can be prevented) the reverse path from the annoyance to the attitudes was statistically significant [49].

**Figure 2.** Dose-response data for severe aircraft noise annoyance from several surveys using a cut-off point of 70–75% of response scale for definition of high annoyance (HA).



Source: van Kempen, und van Kamp ([42], p. 25, Figure 3b)—modified and supplemented; EU-curve: generalized dose-response curve for aircraft noise annoyance [43,44]. Source of the data of Zurich 2001/2003: Brink *et al.* [45]. Blue line and dots: data of the Frankfurt Noise Effect Study presented in this paper. References of all the other studies: see [42].

Among the personal factors the individual noise sensitivity is correlated with aircraft noise annoyance ( $r = 0.36$ ) but as expected not with the aircraft sound level. In comparison to this socio-demographical factors play a minor role for aircraft noise annoyance as results of two-factorial ANOVAs with aircraft noise annoyance [11-point scale] as the dependent variable and 5-dB- $L_{den}$ -class as well as each of the selected grouped socio-demographic variables as independent factors suggest. This is in line with previous research [9]. However, some effects of these variables on annoyance were found, although with little effect size: Age was found to be non-linear related to aircraft noise annoyance, that is annoyance due to aircraft noise was higher in the group of middle-aged adults (40–60 years) in comparison to those younger or older than this group ( $F[2;2229] = 11.14$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta_p^2 = 0.01$ ). This non-linear effect of age on noise annoyance is also reported by Miedema and Vos [11] and van Gerven *et al.* [50].

Interviewed residents with a lower socio-economic status reported less annoyance due to aircraft noise than residents with middle and higher socio-economic status ( $F[1;2252] = 14.80$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta_p^2 = 0.01$ ). In accordance with this house owners were found to be more annoyed by aircraft noise than tenants ( $F[1;2252] = 60.77$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta_p^2 = 0.03$ ). Probably those residents who could afford

ownership fear the loss of house values and in line with this are more annoyed by aircraft noise in comparison to those without properties. In fact, the fear of diminished house prices is correlated with aircraft noise annoyance ( $r = 0.54$ ,  $p < 0.001$ ) and with aircraft sound level  $L_{den}$  ( $r = 0.17$ ,  $p < 0.001$ ). As expected the correlation coefficients are much higher for house owners (house price–annoyance:  $r = 0.62$ ,  $p < 0.001$ ; house price– $L_{den}$ :  $r = 0.32$ ,  $p < 0.001$ ) than for tenants (house price–annoyance:  $r = 0.37$ ,  $p < 0.001$ ; house price– $L_{den}$ :  $r = -0.09$ ,  $p = 0.006$ ).

**Table 5.** Correlations and partial correlations of aircraft sound level ( $L_{den}$ ) and aircraft noise annoyance with selected questionnaire variables.

Variables	Correlation		Partial correlation		
	Noise annoyance (11 pt.)	Noise level $L_{den}$	Noise annoyance (11 pt.) <sup>1</sup>	Noise level $L_{den}$ <sup>2</sup>	between annoyance (11 pt.) and $L_{den}$ <sup>3</sup>
<i>Aircraft noise annoyance</i>					
annoyance (5-pt.)	0.87	0.43	0.84	0.14	
annoyance (11-pt.)	1.00	0.43	1.00		
<i>Disturbances of...</i>					
communication indoor	0.79	0.48	0.74	0.25	0.09
relaxation/concentration indoor	0.79	0.42	0.75	0.15	0.17
communication outdoor	0.81	0.40	0.77	0.11	0.19
relaxation outdoor	0.79	0.38	0.75	0.08	0.22
nocturnal sleep	0.76	0.37	0.72	0.08	0.24
<i>Coping</i>					
Measures to cope with noise	0.81	0.41	0.77	0.13	0.17
<i>Source-related attitudes</i>					
Negative expectations	0.74	0.24	0.72	−0.12	0.38
Positive expectations	−0.14	0.01 <sup>#</sup>	−0.16	0.08	0.43
Econom. expectations	−0.40	−0.19	−0.36	−0.02 <sup>#</sup>	0.39
Aircraft-related fears	0.71	0.28	0.68	−0.03 <sup>#</sup>	0.33
Confidence in authorities	−0.35	−0.20	−0.29	−0.06	0.39
<i>Residential satisfaction</i>					
Satisfaction with dwelling	−0.04 <sup>#</sup>	−0.12	0.01 <sup>#</sup>	−0.11	0.42
Satisfaction with residential area	−0.28	−0.19	−0.23	−0.08	0.40
Infrastructure	−0.11	0.01 <sup>#</sup>	−0.13	0.08	0.43
Quietness, insulation	−0.47	−0.30	−0.40	−0.21	0.34
Attractiveness, neighbours	−0.17	−0.10	−0.15	−0.02 <sup>#</sup>	0.42
Residential satisfaction (total score)	−0.29	−0.15	−0.26	−0.01 <sup>#</sup>	0.41
<i>Sensitivity</i>					
Noise sensitivity	0.36	0.08	0.36	−0.09	0.43

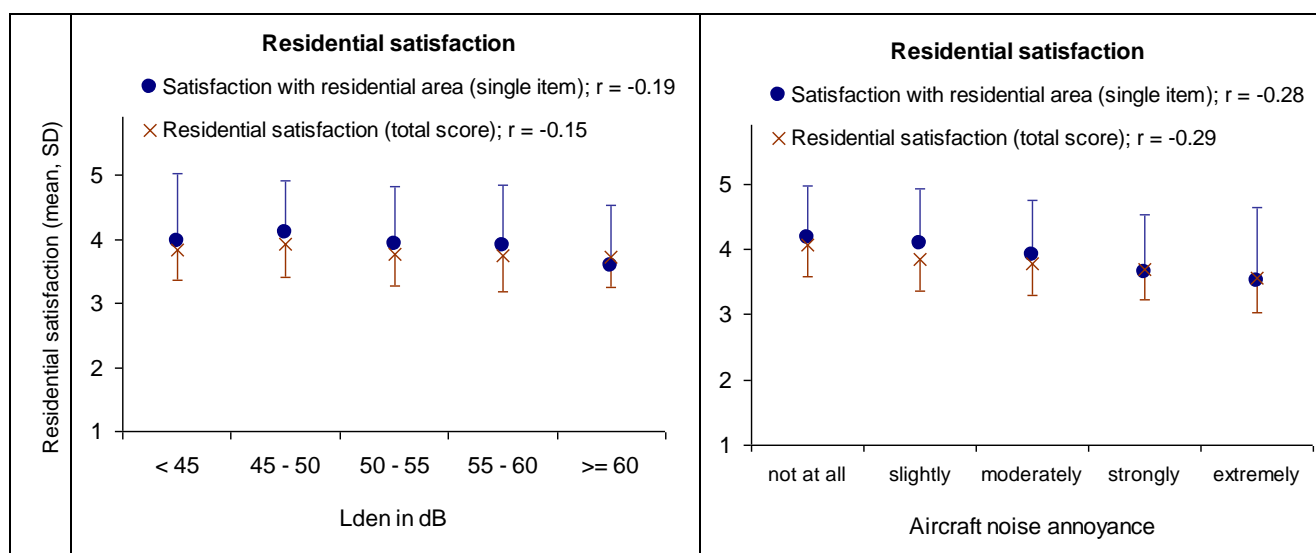
Partial correlation adjusted for <sup>1</sup>  $L_{den}$ , <sup>2</sup> aircraft noise annoyance (11-pt. scale), <sup>3</sup> variable in row;

<sup>#</sup> not significant ( $p > 0.01$ );  $n = 2,127$ – $2,311$ .

#### 4.2. Environmental Quality of Life

Table 5 shows that the residential satisfaction, in particular the satisfaction with the residential area outside the dwelling (single item and total residential satisfaction score including mainly area-related attributes), is correlated with annoyance and—weakly but significantly—with aircraft noise exposure. In particular satisfaction with house insulation and quietness in the residential area are both correlated with aircraft noise exposure and annoyance. In the partial correlation analyses between aircraft noise exposure and the satisfaction scores controlled by annoyance, the exposure-satisfaction association diminishes (except for satisfaction with house insulation and quietness) in comparison to the respective zero-order correlation. However, the annoyance—exposure correlation remains almost the same in the partial correlation analyses controlled by residential satisfaction. The correlation between satisfaction with quietness and aircraft noise exposure decreases somewhat after control for annoyance, but remains on a relative moderate level. This indicates that residential satisfaction, in particular the satisfaction with house insulation and quietness in the local area, can be interpreted as a secondary reaction to aircraft noise exposure partly mediated by annoyance. Note, that the aircraft noise exposure-annoyance correlation also decreases after control for the satisfaction with house insulation and quietness, suggesting that the annoyance may in turn partly be moderated by the satisfaction with house insulation and quietness. All in all, for residents living in the vicinity of Frankfurt Airport the results of the correlational analyses indicate that being stressed by aircraft noise lessen the satisfaction with the residential area and, thus, the perceived local environmental quality of life in general (see also Figure 3).

**Figure 3.** Means and standard deviation of residential satisfaction (single item, total score) by aircraft noise exposure (left side) and by aircraft noise annoyance (right side).



#### 4.3 Health Related Quality Of Life (SF12/36), Sleep Quality, and Health Complaints

The following tables show descriptive statistics for the health complaints and SF12/36 scores as indicators of HQoL and for sleep quality (PSQI score) as indicator of nocturnal HQoL. The statistics are grouped by aircraft sound level for daytime and night-time (Table 6) and by aircraft noise annoyance and noise sensitivity (Table 7). Although on a descriptive level subjects of different sound

level groups differ with regard to single health variables, no systematic increase with increasing noise exposure could be observed. Actually, HQoL with regard to vitality and mental health decreases with increasing aircraft sound level at daytime from <45 dB(A) up to the sound level class 50–55 dB(A), but then increases again for residents exposed to higher sound level classes at daytime. Similar, residents exposed to the lowest and highest aircraft sound level classes for daytime and night-time reported less health complaints with regard to the stomach, the limbs and in total than residents with aircraft noise exposure in between these sound level classes. The sleep quality is worst for residents exposed to 50 to 60 dB(A) at daytime and 50 to 55 dB(A) at night-time than for residents with less or higher aircraft noise exposure.

**Table 6.** Description of health variables grouped by aircraft sound level at daytime ( $L_{Aeq,16h}$ ) and night-time ( $L_{Aeq,8h}$ ).

Health variables	Aircraft sound level											
	at daytime— $L_{Aeq,16h}$ [dBA]						at night-time— $L_{Aeq,8h}$ [dBA]					
	40–45	45–50	50–55	55–60	≥60		<40	40–45	45–50	50–55	≥55	
SF12/36 HQoL scores: mean (SD)												
Vitality (SF36)	70.8 (18.7)	65.9 (17.8)	66.6 (18.7)	67.5 (19.1)	67.8 (17.8)	**	68.3 (18.5)	66.7 (18)	67.9 (18.2)	67.7 (20.1)	67.5 (17.8)	
Mental health (SF36)	77.3 (13.8)	75.6 (14)	73.5 (15.9)	75.5 (15.1)	78.3 (13.7)	**	75.1 (14)	76.0 (14.4)	75.4 (15.6)	75.0 (15.4)	77.1 (13.7)	
Mental health (SF12)	54.1 (6.1)	53.4 (6.9)	52.4 (7.8)	53.6 (6.9)	54.5 (6.6)	**	53.4 (6.3)	53.4 (7.1)	53.2 (7.2)	53.4 (7.2)	54.4 (6.7)	
Physical health (SF12)	51.1 (8.7)	49.5 (9.9)	50.1 (9.2)	49.9 (9.2)	50.1 (9.7)		50.2 (9.5)	49.8 (9.7)	50.6 (8.7)	49.8 (9.4)	49.9 (9.5)	
GSCL-24 health complaints: mean (SD)												
Exhaustion	46.1 (9.1)	47.6 (9.9)	48.0 (9.3)	47.7 (9.8)	46.5 (8.6)		47.4 (9.7)	47.8 (9.6)	46.6 (9.3)	47.7 (9.8)	46.9 (8.8)	
Stomach complaints	48.1 (7.4)	48.5 (7.6)	48.6 (8.1)	49.1 (7.8)	46.8 (6.3)	*	49.2 (8.0)	48.6 (7.7)	47.6 (7.1)	49.2 (8.0)	47.1 (6.7)	**
Limb complaints	45.9 (9.3)	47.8 (9.7)	47.1 (9.9)	47.5 (9.7)	44.3 (9.3)	**	47.3 (10.0)	47.3 (9.6)	45.8 (9.6)	48.0 (9.9)	45.4 (9.2)	**
Cardiac complaints	47.6 (7.4)	47.8 (7.6)	48.4 (8.0)	48.4 (8.1)	46.7 (6.9)		48.0 (7.8)	48.2 (7.7)	47.4 (7.6)	48.5 (8.2)	47.2 (7.0)	
Total score	45.5 (9.2)	47.0 (9.5)	47.0 (9.7)	47.2 (9.8)	44.3 (9.0)	**	46.9 (9.7)	47.0 (9.5)	45.4 (9.5)	47.5 (9.8)	45.1 (9.1)	**
Sleep quality: mean (SD)												
Sleep quality (PSQI)	3.4 (2.8)	3.8 (3.0)	4.0 (3.1)	4.1 (3.1)	3.4 (2.8)	**	3.7 (2.9)	3.9 (3.1)	3.7 (3.0)	4.2 (3.1)	3.6 (2.8)	*

\*\*  $p < 0.01$ ; \*  $p < 0.05$  (adjusted for number of tests)

**Table 7.** Description of health variables grouped by aircraft noise exposure and noise sensitivity.

Health variables	Aircraft noise annoyance						Noise sensitivity						
	not at all	slightly	moderately	very	extremely		not a little	moderately	rather	very			
SF12/36 HQoL scores: mean (SD)													
Vitality (SF36)	73.6 (18.4)	70.9 (18.0)	68.4 (17.4)	64.6 (17.9)	60.7 (19.0)	**	73.8 (18.0)	69.5 (17.0)	66.9 (17.5)	63.4 (20.4)	53.3 (22.4)	**	
Mental health (SF36)	79.6 (13.2)	77.8 (13.8)	76 (14.1)	74.0 (15.0)	71.1 (16.1)	**	81.3 (14.6)	77.6 (13.1)	74.9 (13.8)	71.7 (16.1)	63.9 (18.2)	**	
Mental health (SF12)	55.2 (5.1)	54.2 (6.0)	53.5 (6.5)	53.1 (7.2)	51.5 (8.9)	**	55.1 (6.2)	54.3 (5.8)	53.2 (6.8)	51.7 (8.8)	49.4 (9.0)	**	
Physical health (SF12)	51.1 (9.3)	51.4 (8.1)	50.2 (8.8)	49.1 (9.7)	48.5 (10.8)	**	51.2 (9.2)	50.9 (8.9)	50.1 (8.8)	48.2 (9.9)	45.3 (12.5)	**	
GSCL-24 health complaints: mean (SD)													
Exhaustion	44.8 (8.1)	45.1 (7.8)	46.4 (8.7)	48.7 (10.3)	51.7 (10.7)	**	45.0 (8.1)	45.8 (8.2)	47.9 (9.7)	50.0 (10.7)	54.1 (12.1)	**	
Stomach complaints	47.5 (7.0)	47.3 (6.6)	48.5 (7.5)	49.1 (8.2)	50.1 (8.4)	**	46.0 (6.3)	48.0 (7.2)	49.1 (7.7)	49.5 (8.4)	51.7 (9.3)	**	
Limb complaints	45.7 (8.6)	45.2 (8.2)	46.3 (9.4)	47.9 (10.4)	49.9 (10.9)	**	44.4 (8.9)	45.7 (8.5)	47.5 (9.8)	49.2 (10.6)	52.6 (12.3)	**	
Cardiac complaints	46.3 (6.1)	46.5 (6.3)	47.8 (7.6)	49.1 (8.6)	50.1 (8.8)	**	46.1 (6.5)	47.0 (6.7)	48.1 (8)	50.2 (8.9)	52.7 (9.4)	**	
Total score	44.4 (8.4)	44.4 (7.9)	46.0 (9.2)	47.8 (10.4)	50.2 (10.5)	**	43.4 (8.4)	45.2 (8.5)	47.3 (9.6)	49.2 (10.5)	52.9 (11.6)	**	
Sleep quality: mean (SD)													
Sleep quality (PSQI)	2.6 (2.2)	3.2 (2.7)	3.7 (2.7)	4.2 (3.0)	5.5 (3.6)	**	2.7 (2.6)	3.2 (2.6)	4.1 (3.0)	5.2 (3.3)	6.0 (3.6)	**	

\*\* p &lt; 0.01; \* p &lt; 0.05 (adjusted for number of tests)

Accordingly, with increasing aircraft sound levels no increase in the risk (odds ratio) of HQoL below average, bad sleep quality and in the intensity of health complaints above average could be observed in logistic regression analyses with the health-related variables as criteria and aircraft noise exposure at daytime (for sleep quality: at night-time), annoyance, and noise sensitivity as predictors (Table 8). Similar results of the regression analyses were observed when the predictor  $L_{Aeq}$  for daytime was exchanged with  $L_{Aeq}$  for night-time. All regression analyses were adjusted for age, gender, socio-economical status, home ownership, residential satisfaction, usual window position in the sleeping room at night, and number of hours away from home. For analysing the impact of aircraft noise on physical health, e.g., cardiovascular risk effects in noisy areas it is obvious and a gold standard also to adjust regression models as described above for variables like body mass index, smoking and alcohol usage. But this study aimed at the effects of aircraft noise on annoyance, subjective health, environmental quality, and HQoL. For this purpose we decided in the study protocol in the beginning of the study not to include all these variables, due to budget limit and time limit of the duration of the interviews.

**Table 8.** Associations between aircraft noise exposure at daytime ( $L_{Aeq,16h}$ ), aircraft noise annoyance, noise sensitivity, and health variables (Odds ratios [OR] per unit and  $\pm 95\%$  confidence interval [CI]).

Health variables	Aircraft sound level $L_{Aeq,16h/8h}^{\#}$			Aircraft noise annoyance			Noise sensitivity		
	OR	CI−	CR+	OR	CI−	CR+	OR	CI−	CR+
<i>Health-related quality of life (SF36/12 scores &lt; median)</i>									
Vitality (SF36)	<b>0.95</b>	0.93	0.97	<b>1.25</b>	1.13	1.37	<b>1.13</b>	1.02	1.26
Mental health (SF36)	<b>0.96</b>	0.94	0.98	<b>1.13</b>	1.03	1.24	<b>1.40</b>	1.26	1.55
Mental health (SF12)	<b>0.96</b>	0.94	0.98	1.06	0.97	1.17	<b>1.22</b>	1.10	1.36
Physical health (SF12)	<b>0.97</b>	0.95	0.99	<b>1.13</b>	1.01	1.26	<b>1.19</b>	1.06	1.34
<i>GSCL-24 health complaints (above 50% = average of population in Germany)</i>									
Exhaustion	<b>0.98</b>	0.96	1.00	<b>1.36</b>	1.23	1.51	<b>1.40</b>	1.26	1.56
Stomach complaints	0.99	0.97	1.01	<b>1.12</b>	1.02	1.24	<b>1.18</b>	1.06	1.30
Limb complaints	<b>0.96</b>	0.94	0.98	<b>1.22</b>	1.10	1.34	<b>1.48</b>	1.33	1.65
Cardiac complaints	<b>0.96</b>	0.94	0.98	<b>1.32</b>	1.19	1.47	<b>1.35</b>	1.21	1.50
Total score	<b>0.96</b>	0.94	0.98	<b>1.41</b>	1.27	1.56	<b>1.53</b>	1.37	1.71
<i>Sleep quality (bad sleep quality: PSQI score &gt; 5))</i>									
Bad sleep quality	<b>0.95</b>	0.93	0.97	<b>1.45</b>	1.29	1.63	<b>1.42</b>	1.25	1.61

Adjusted for railway and road traffic sound level, age, gender, socio-economical status, home ownership, residential satisfaction, usual window position in the sleeping room at night, number of hours away from home;  $\# L_{Aeq,8h}$  (10 pm–6 am) for sleep quality,  $L_{Aeq,16h}$  (6 am–10 pm) for all other health variables; bold: OR significant on significance level  $p < 0.05$ .

Table 8 shows that the health-related variables are proportionally related to psychological reactions to noise, indicated by annoyance due to aircraft noise. That is, the risk of health complaints (GSCL-24 scores), bad sleep quality (PSQI), and poor SF12/36 HQoL scores are related to annoyance indicating lower health-related quality of life with increasing aircraft noise annoyance. However, for the SF12 mental health score in the model including  $L_{Aeq,16h}$  as predictor this association failed the level of significance.

In addition, the risk of reduced HQoL is associated with an increase in individual sensitivity to noise with regard to all assessed HQoL variables. The results hold true for logistic regression analyses with sound level and annoyance as continuous as well as categorized predictors with the lowest class of sound level and annoyance as reference. The findings are similar for regression models including both sound level and annoyance as predictors and for separate models with either sound level or annoyance as predictor. Logistic regression models calculated separately for males and females reveal similar results.

Whether the “V”-shaped differences in HQoL across the aircraft sound level classes (see Table 6) persist in different subgroups distinguished with regard to socio-demographic, attitudinal (expectation concerning the future QoL after airport expansion), situational (usual window position), and personal (noise sensitivity, multi-morbidity) factors was tested in two types of GLM (with a significance level of  $p < 0.01$ ). The first type of GLM includes aircraft sound level, age, gender, and socio-economical status as independent variables and selected HQoL variables (SF12/36 scores, total health complaints,

sleep quality) as dependent variables. The second type includes, beside aircraft sound level, the attitudinal, situational, and personal factors as independent variables.

Due to limited space in this paper not all results of the GLM are presented here (see [2] for more details). To summarize: no interaction occurred that would indicate a significant moderating effect of the socio-demographic variables on the impact of aircraft-noise exposure on health outcomes. Significant main effects were observed with regard to sound level (see Table 6), age (older residents reported lower HQoL than younger), gender (female residents reported lower HQoL than males), and socio-economical status (residents with lower status reported lower HQoL than residents with higher status).

Results of the second type of GLM indicate higher HQoL for residents with up to one diagnosed health disease in comparison to those with two or more diseases, lower HQoL for those reporting negative expectations with regard to future (residential) life and for those judged themselves as being higher sensitive to noise in general compared to the lower noise-sensitive residents. With regard to potential impacts of aircraft noise on HQoL in subgroups of the residents the interactions between the described non-acoustical variables and aircraft noise exposure are of interest. Statistically significant interactions with aircraft sound levels were observed for the usual window position at daytime and for noise sensitivity. Yet, these interactions reflect marginal effects and cannot be interpreted in terms of a systematic moderating effect on the aircraft noise-HQoL relationship. This is somewhat different for the interaction morbidity  $\times$   $L_{Aeq}$  (for night-time concerning the criterion ‘PSQI sleep quality’ and for daytime with regard to the other HQoL criteria); see Table 9 and Figure 4. As can be seen from Figure 4, in the subgroups of residents reporting at least two health diseases (ever) diagnosed by a doctor, HQoL decreases somewhat with increasing aircraft noise exposure. This is particular true for residents exposed to lower to middle-ranged aircraft sound levels up to about 55 dB  $L_{Aeq}$  with regard to the SF12/36 scores (except SF12 mental health). In contrast to this, the HQoL of residents with less than two diseases remains constant or increases somewhat with increasing aircraft sound level. This interaction is not observed with regard to the reported health complaints and sleep quality. However, the described interaction confirms the notion of pre-existing health problems moderating the impact of (aircraft) noise exposure on health-related quality of life as described above in section 2.

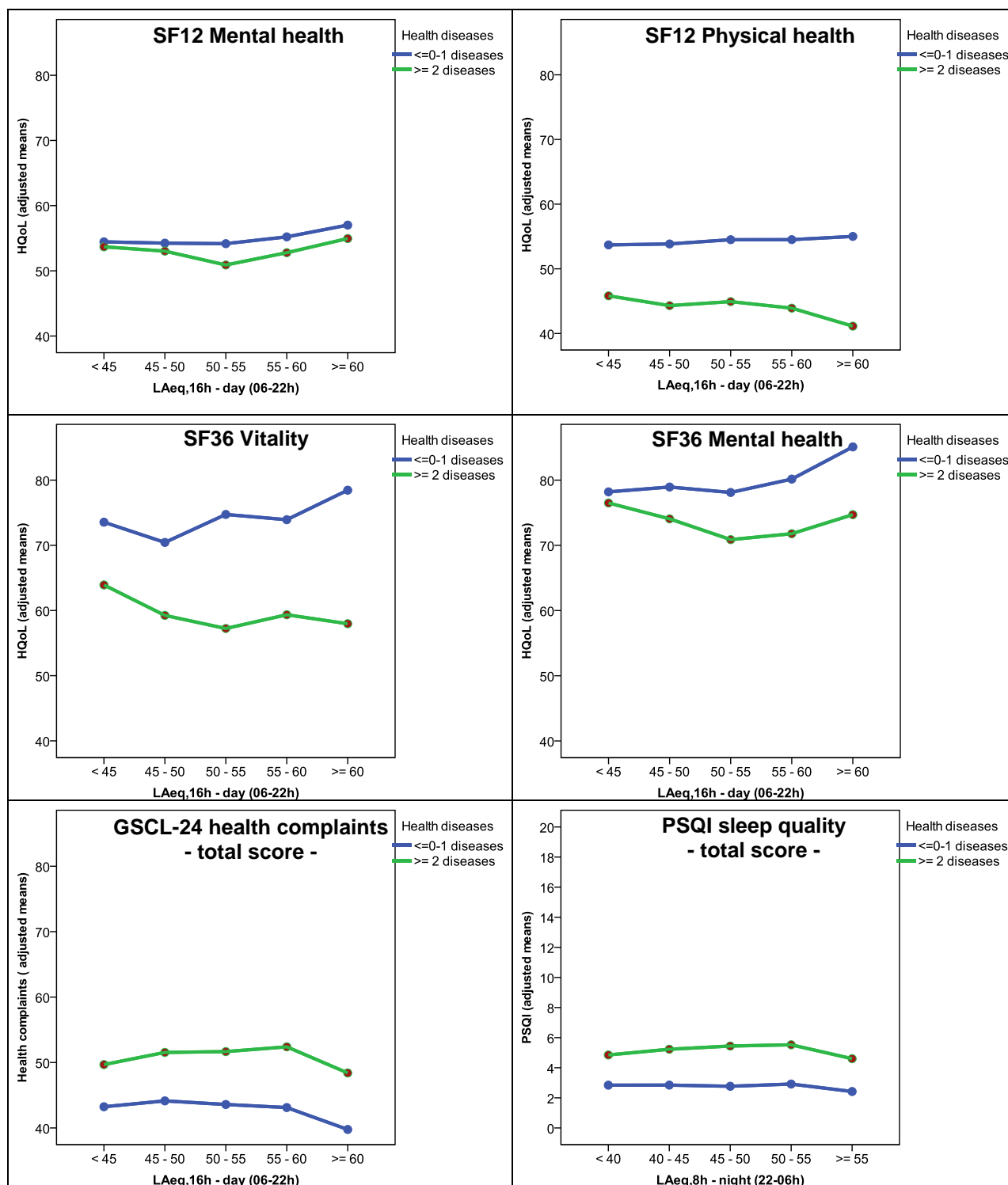
**Table 9.** Results of multi-factorial GLM with HQoL variables as criteria.

Effect <sup>1</sup>	df factor	SF 36 vitality		SF36 mental health		SF12 mental health		SF12 physical health		GSCL total health complaints		PSQI sleep quality	
		F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
$L_{Aeq}$ <sup>2</sup>	4	2.1	0.079	2.8	0.025	4.2	0.002	0.9	0.455	3.9	0.003	1.4	0.223
Morbidity	1	298.2	0.000	83.5	0.000	29.2	0.000	635.6	0.000	314.2	0.000	273	0.000
$L_{Aeq} \times$ morbidity	4	4.6	0.001	3.8	0.004	1.8	0.125	3.9	0.004	1.4	0.217	0.5	0.713
df error		1,882		1,882		1,857		1,857		1,844		1,764	

<sup>1</sup> Results based on GLM with  $L_{Aeq}$  (five 5-dB-classes), morbidity (0–1 vs.  $\geq 2$  diseases), expectations about residential future (worse vs. better/no change), noise sensitivity (median split: low vs. high), daytime window position (closed vs. open/tilted); <sup>2</sup> PSQI sleep quality:  $L_{Aeq,8h}$  for night-time; all others:  $L_{Aeq,16h}$  for daytime.



**Figure 4.** Results of GLM: Adjusted means of HQoL (SF12/36 scores, total health complaints, PSQI sleep quality) by aircraft sound level classes ( $L_{Aeq,16h/8h}$ ) and morbidity.



One reason for the finding that above 50–55 dB(A) there is no consistent decrease in HQoL with increasing aircraft sound level could be a kind of self-selection, *i.e.*, people with severe health problems have moved away or decided not to live in high aircraft noise-exposed areas in the vicinity of Frankfurt Airport. But this *post hoc* explanation cannot be proved with the present data, because no information about migration is available in this study. However, length of residence was assessed in

the questionnaire. Nonetheless, adding this variable as a covariate in the GLMs described above does not reveal more information or lead to alternative conclusions.

In a pilot study, Cischinsky *et al.* [51] investigated the in- and out-migration in the region around Frankfurt Airport (Rhine-Main region). Although aircraft noise was not the most important reason for the migration it became more important on subsequent motivation ranks. Nevertheless, because high aircraft noise-exposed areas in the vicinity of Frankfurt Airport have also other infrastructural disadvantages, a clear conclusion about the causal link between aircraft noise and migration motivation could not be drawn in the study of Cischinsky and colleagues.

The result of an association between (severe) aircraft noise annoyance and HQoL is confirmed by results from other studies [52,53]. Results of the adjusted regression analyses suggest furthermore an association independently from the annoyance between noise sensitivity and most of the investigated health variables. This is in line with other studies that report relations between noise sensitivity, annoyance, and health complaints [27,54,55]. Yet, the causal path of the association between noise annoyance, noise sensitivity, and health effects is not clear. There are mainly three different explanatory approaches and interpretations discussed with regard to this issue: (1) Noise sensitivity is an indicator of an individual's vulnerability, which is closely related to (reported) health problems and which modifies individual noise reaction, suggesting that the noise exposure-annoyance-health relationship itself may be spurious [26]; (2) The noise sensitivity-annoyance-health relationship responsible for the dilution of a direct association between noise exposure and (reported) health incorporates a recall bias, which is absent when noise sensitivity is assessed before the occurrence or diagnosis of health disorders [56]; (3) The pre-existing health status and noise sensitivity are two interrelated 'vulnerability' factors which sap one's energy to cope with noise (and other stressors), and, thus, moderate the impact of noise exposure on noise reactions (annoyance) as well as on HQoL in general [22,27,57].

It seems that 'recall bias' is not the whole story. This interpretation of the findings neglects the relationship between noise sensitivity and physiological functions [58,59]. And, a recall bias would be more plausible in terms of reported health complaints (misleadingly?) attributed to noise but not in terms of a positive noise sensitivity-health association diluting a direct noise-health association. The third explanation seems to be the most plausible one. It fits with results of previous noise-related studies about the effect of health status on noise reactions [22,27,60]. It is also in line with general stress models recognizing pre-existing chronic health problems as stress-enhancing [61] and partly with results of this study, where it was shown that among the multimorbid residents reported HQoL decreased somewhat with increasing aircraft sound levels at least in low to middle-ranged sound level classes.

## 5. Conclusions

In 2005 a field study about residents' responses to aircraft noise was carried out in 66 residential areas in the vicinity of the Frankfurt International Airport. Residents (2,312) were interviewed with regard to their reactions to aircraft noise and their environmental as well as health-related quality of life. For the address of each participant sound levels for aircraft, road traffic, and railway noise were

assessed. The study took place between the announcement (in 1998) and the approval decision (at the end of 2007) of the airport expansion (construction of a 4th runway).

Among several indicators of aircraft noise exposure the equivalent sound level showed the highest correlation with aircraft noise annoyance. The percentage of people (highly) annoyed by aircraft noise was found to be higher than predicted from general exposure-response curves. However, the degree of aircraft noise annoyance in communities around Frankfurt Airport is, all in all, in line with results from other recently published studies. Beside the sound level, non-acoustical factors, in particular the expectations with regard to future residential life after airport expansion and the confidence in authorities' effort for aircraft noise reduction, were associated with the reactions to noise and with HQoL. The results of this study indicate that aircraft noise exposure not only has an impact on noise-specific (stress) reactions but also—although with much lower effect size—on perceived EQoL in general.

The HQoL variables were found to be associated with aircraft noise annoyance as well as with the individual noise sensitivity. The more residents were annoyed by aircraft noise the poorer was their HQoL. This is in particular true for higher noise-sensitive residents than for lower sensitive ones. In addition, within the group of multimorbid residents an association between aircraft sound level and HQoL was observed. However, again, this effect was rather small.

All in all, it could be shown that the impact of aircraft noise on residents living in the vicinity of an airport affects noise-specific stress reactions (annoyance, disturbances) as well as QoL in general. Yet, the strengths of the impact of aircraft noise exposure on QoL decreases coming from noise-specific reactions (e.g., annoyance) to environmental-specific reactions (EQoL) and finally to health-related outcomes (HQoL). Furthermore, it became obvious that the noise-HQoL relationship is not a simple, uni-directional one. It is likely that aircraft noise affects the health of people in particular when they face limited resources to cope with the noise, e.g., due to pre-existing illness and/or elevated sensibility to noise in general. Limited coping ability, again, enhances the strain and enables the development of further stress-related health problems and limitations in HQoL. Admittedly, this assumed recursive process cannot be tested in cross-sectional studies, nor in experimental studies on acute noise reactions. Longitudinal studies would be recommendable to get more insight in the causal paths underlying the noise-health relationship.

## **Acknowledgements**

The Frankfurt Noise Effect Study was carried out on behalf of IFOK GmbH, Bensheim, Germany, in the framework of the Regional Dialogue Forum Frankfurt Airport (RDF). The additional analyses of the data with regard to health impacts of aircraft noise described in this contribution was commissioned and supported by the Public Health Department, Frankfurt am Main, Germany.

## References

1. Bullinger, M.; von Mackensen, S.; Eikmann, T.; Herr, C.; Seitz, H.; Höger, R.; Machunsky, M.; Schmaus, I.; Schreckenberg, D.; Guski, R. *Machbarkeitsstudie 'Fluglärm und Lebensqualität'. Methodenstudie im Auftrag des Regionalen Dialogforums Flughafen Frankfurt. (Feasibility Study 'Aircraft Noise and Quality Of Life')*; ZEUS GmbH: Bochum, Germany, 2003. Available online: [http://www.verkehrslaermwirkung.de/RDF\\_MB-Studie\\_03\\_030203.pdf](http://www.verkehrslaermwirkung.de/RDF_MB-Studie_03_030203.pdf) (accessed on 1 May 2010).
2. Schreckenberg, D.; Meis, M. *Belästigung durch Fluglärm im Umfeld des Frankfurter Flughafens (Effects of aircraft noise on noise annoyance and quality of life around Frankfurt Airport)*; AG Fluglärmwirkung: Bochum/Oldenburg, Germany, 2006. Available online: <http://www.verkehrslaermwirkung.de/RDF0911.pdf> (accessed on 1 May 2010).
3. van Kamp, I. *Coping with Noise and its Health Consequences*; Dissertation; Styx & PP Publications: Groningen, The Netherlands, 1990.
4. Stallen, P.J.M. A theoretical framework for environmental noise annoyance. *Noise Health* **1999**, *3*, 69-79.
5. Lazarus, R.S.; Folkman, S. *Stress, Appraisal, and Coping*; Springer: New York, NY, USA, 1984.
6. Hatfield, J.; Job, R.F.S.; Hede, A.J.; Carter, N.L.; Peploe, P.; Taylor, R.; Morrel, S. Human response to environmental noise: The role of perceived control. *Int. J. Behav. Med.* **2002**, *9*, 341-359.
7. Babisch, W. The noise/stress concept, risk assessment and research needs. *Noise Health* **2002**, *4*, 1-11.
8. van Kamp, I.; Davies, H. Environmental noise and mental health: Five year review and future directions; In *Noise as a public health problem. Proceedings of 9th Congress of the International Commission on the Biological Effects of Noise (ICBEN)*, Mashantucket, CT, USA, 21-25 July 2008; Griefahn, B., Ed.; IfADo: Dortmund, Germany, 2008; pp. 295-301.
9. Fields, J.M. Effect of personal and situational variables on noise annoyance in residential areas. *J. Acoust. Soc. Amer.* **1993**, *93*, 2753-2763.
10. Guski, R. Personal and social variables as co-determinants of noise annoyance. *Noise Health* **1999**, *3*, 45-56.
11. Miedema, H.M.E.; Vos, H. Demographic and attitudinal factors that modify annoyance from transportation noise. *J. Acoust. Soc. Amer.* **1999**, *105*, 3336-3344.
12. Job, R.F.S. Community response to noise: A review of factors influencing the relationship between noise exposure and reaction. *J. Acoust. Soc. Amer.* **1988**, *83*, 991-1001.
13. Maris, E. *The Social Side of Noise Annoyance*; Doctoral thesis; University Leiden: Leiden, The Netherlands, 2008.
14. Bröer, C. *Beleid Vormt Overlast. Hoe beleidsdiscoursen de beleving van geluid bepalen (Policy annoyance. How Policy Discourses Shape the Experience of Aircraft Sound)*; Aksant. Published thesis; Universiteit van Amsterdam: Amsterdam, The Netherlands, 2006.
15. Bell, P.A.; Greene, T.C.; Fisher, J.D.; Baum, A. *Environmental Psychology*, 5th ed.; Harcourt: Orlando, FL, USA, 2001.
16. Bullinger, M. Quality of life—definition, conceptualization and implications—A methodologists view. *Theor. Surg.* **1991**, *6*, 143-149.

17. Bullinger, M.; Hygge, S.; Evans, G.W.; Meis, M.; von Mackensen, S. The psychological cost of aircraft noise for children. *Zentralbl. Hyg. Umweltmed.* **1999**, *202*, 127-138.
18. Franssen, E.A.M.; Staatsen, B.A.M.; Lebrecht, E. Assessing health consequences in an environmental impact assessment. The case of Amsterdam Airport Schiphol. *Environ. Impact Assess. Rev.* **2002**, *22*, 633-653.
19. Lercher, P. Soundscape research, quality of life and health: an integrated environmental health viewpoint; In *Proceedings of Inter-Noise 2007* [CD-ROM]; Turkish Acoustical Society: Istanbul, Turkey, 2007; Paper No. 033.
20. Lercher, P. Which health outcomes should be measured in health-related environmental quality of life studies. *Landscape Urban Plan.* **2003**, *65*, 63-72.
21. Guski, R.; Felscher-Suhr, U.; Schuemer, R. The concept of noise annoyance: How international experts see it. *J. Sound Vib.* **1999**, *223*, 513-527.
22. Tarnopolsky, A.; Barker, S.M.; Wiggins, R.D.; McLean, E.K. The effect of aircraft noise on the mental health of a community sample: a pilot study. *Psychol. Med.* **1978**, *8*, 219-233.
23. Schreckenberg, D.; Eikmann, T.; Herr, C.E.W.; zur Nieden, A.; Heudorf, U. *Fluglärm und Gesundheit in der Rhein-Main Region 2005 (Aircraft Noise and Health in the Rhine-Main Region)*; Amt für Gesundheit (Public Health Department): Frankfurt, Germany, 2009.
24. Schreckenberg, D.; Heudorf, U.; Eikmann, T.; Herr, C.E.W.; zur Nieden, A.; Meis, M. Aircraft noise and health of residents living in the vicinity of Frankfurt Airport. In *Proceedings of Euronoise 2009* [CD-ROM]; Institute of Acoustics: Edinburgh, UK; Paper No. 445.
25. Job, R.S.F. Noise sensitivity as a factor influencing human reaction to noise. *Noise Health* **1999**, *3*, 57-68.
26. Fyhri, A.; Klæboe, R. Road traffic noise, sensitivity, annoyance and self-reported health—A structural equation model exercise. *Environ. Int.* **2009**, *35*, 91-97.
27. Stansfeld, S.A. Noise, noise sensitivity and psychiatric disorder: epidemiological and psychophysiological studies. *Psychol. Med. Supplement* **1992**, *22*, 1-44.
28. Dornic, S.; Ekehammar, B. Extraversion, neuroticism, and noise sensitivity. *Pers. Individ. Differ.* **1990**, *11*, 989-992.
29. Smith, A.; Nutt, D.; Wilson, S.; Rich, N.; Hayward, S.; Hetherley, S. *Noise and Insomnia: A Study of Community Noise Exposure, Sleep Disturbance, Noise Sensitivity and Subjective Reports of Health*; Report to the UK Department of Health and Department of Environment, Transport and the Regions: Cardiff, UK, 2002.
30. Watson, D.; Clark, L.A. Negative affectivity: The disposition to experience aversive emotional states. *Pol. Psychol. Bull.* **1984**, *96*, 465-490.
31. Kroesen, M.; Molin, E.J.E.; Miedema, H.M.E.; Vos, H.; Janssen, S.A.; van Wee, B. Estimation of the effects of aircraft noise on residential satisfaction. *Transp. Res. Pt. D-Transp. Environ.* **2010**, *15*, 144-153.
32. Wirth, K. *Lärmstudie 2000. Die Belästigungssituation im Umfeld des Flughafens Zürich (Noise Study 2000. Annoyance in the Region of Zurich Airport)*; Shaker: Aachen, Germany, 2004.
33. *Entwurf der neuen zivilen Flugzeugklassen ("AzB-99") (Concept of New Categories of Civil Aircrafts, AzB-99)*; Report no. I3.3-60112-5; Umweltbundesamt (Federal Environmental Agency): Berlin, Germany, 1999.

34. Fields, J.M.; DeJong, R.G.; Gjestland, T.; Flindell, I.H.; Job, R.F.S.; Kurra, S.; Lercher, P.; Vallet, M.; Guski, R.; Felscher-Suhr, U.; Schuemer, R. Standardized general-purpose noise reaction questions for community noise surveys: Research and a recommendation. *J. Sound Vib.* **2001**, *242*, 641-679.
35. Bullinger, M.; Kirchberger, I. *SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand—Manual (SF-36 Questionnaire for Assessing Health Status—Manual)*; Hogrefe: Goettingen, Germany, 1998.
36. Braehler, E.; Hinz, A.; Scheer, J.W. *Der Giessener Beschwerdebogen (GGB-24)—Manual (The Giessen Subjective Complaints List—Manual)*, 3rd ed., Hogrefe: Goettingen, Germany, 2008.
37. Bellach, B.M.; Knopf, H.; Thefeld, W. Der Bundes-Gesundheitssurvey 1997/98 (The German National Health Survey 1997/1998). *Das Gesundheitswesen* **1998**, *60*, 59-68.
38. Heimann, D.; de Franceschi, M.; Emeis, S.; Lercher, P.; Seibert, P. *Air Pollution, Traffic Noise and Related Health Effects in the Alpine Space*; Università degli Studi di Trento: Trento, Italy, 2007. Available online: [http://www.alpnep.org/alpnep.org\\_ge.html](http://www.alpnep.org/alpnep.org_ge.html) (accessed on 1 May 2010).
39. Buysse, D.J.; Reynolds, C.F.; Monk, T.H.; Berman, S.R., Kupfer, D.J. The Pittsburgh Sleep Quality Index: A new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiat. Res.* **1989**, *28*, 93-213.
40. Winkler, J. Die Messung des sozialen Status mit Hilfe eines Index in den Gesundheitssurveys der DHP (The measurement of the socio-economical status by means of an index in the Public Health Surveys of the DHP). In *Messung soziodemographischer Merkmale in der Epidemiologie (Measurement of Socio-Demographic Variables in the Epidemiology)*; RKI-Schriften; MMV Medizin Verlag: Munich, Germany, 1998; Volume 1/1998, pp. 69-74.
41. Schultz, T.J. Synthesis of social surveys on noise annoyance. *J. Acoust. Soc. Amer.* **1978**, *64*, 377-405.
42. Van Kempen, E.E.M.M.; Van Kamp, I. *Annoyance from Air Traffic Noise. Possible Trends in Exposure-Response Relationships*; Report 01/2005 MGO EvK, Reference 00265/2005; RIVM: Bilthoven, The Netherlands, 2005.
43. Miedema, H.M.E.; Oudshoorn, C.G. Annoyance from transportation noise: Relationships with exposure Metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environ. Health Perspect.* **2001**, *109*, 409-416.
44. EC/WG2—Dose/Effect. *Position Paper on Dose Response Relationships between Transportation Noise and Annoyance*; Office for Official Publications of the European Communities: Luxembourg, 2002. Available online: <http://www.eukn.org/binaries/eukn/dg-environment/policy/2005/1710-transportation-noise-and-annoyance.pdf> (accessed on 1 May 2010).
45. Brink, M.; Wirth, K.; Schierz, C. *Lärmstudie 2000: Dosiswirkungskurven zur Belästigung durch Fluglärm im Umfeld des Flughafens Zürich (elektronische Daten) (Noise Study 2000: Dose-Response Curves on Annoyance Due To Aircraft Noise in the Vicinity of Zurich Airport, Electronic Data)*; ETH Zurich, Department of Public and Organizational Health: Zurich, Switzerland. Available online: [http://www.laerm2000.ethz.ch/files/LS2000\\_DW-Kurven.zip](http://www.laerm2000.ethz.ch/files/LS2000_DW-Kurven.zip) (accessed on 1 May 2010).
46. Le Masurier, P.; Bates, J.; Taylor, J.; Flindell, I.; Humpheson, D.; Pownall, C.; Woolley, A. *Attitudes to Noise from Aviation Sources in England (ANASE): Final Report for Department for Transport*; Her Majesty's Stationery Office: Norwich, UK. Available online:

<http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.dft.gov.uk/pgr/aviation/environmentalissues/Anase/finalreport.pdf> (accessed on 1 May 2010).

47. Babisch, W.; Houthuijs, D.; Pershagen, G.; Cadum, E.; Katsouyanni, K.; Velonakis, M.; Dudley, M.L.; Marohn, H.D.; Swart, W.; Breugelmans, O.; Bluhm, G.; Selander, J.; Vigna-Taglianti, F.; Pisani, S.; Haralabidis, A.; Dimakopoulou, K.; Zachos, I.; Järup, L. Annoyance due to aircraft noise has increased over the years—results of the HYENA study. *Environ. Int.* **2009**, *35*, 1169–1176.
48. Guski, R. How to forecast community annoyance in planning noisy facilities? *Noise Health* **2004**, *6*, 59–64.
49. Kroesen, M.; Molin, E.J.E.; van Wee, B. Determining the direction of causality between psychological factors and aircraft noise annoyance. *Noise Health* **2010**, *12*, 17–25.
50. van Gerven, P.W.M.; Vos, H.; van Boxtel, M.P.J.; Janssen, S.A.; Miedema, H.M.E. Annoyance from environmental noise across the lifespan. *J. Acoust. Soc. Amer.* **2009**, *126*, 187–194.
51. Cischinsky, H.; Gräff, H.J.; Häußermann, H. *Externe wissenschaftliche Begleitung der Pilotphase eines Sozialmonitorings in den Gemeinden im Umfeld des Flughafens Frankfurt/Main. (External Scientific Evaluation of the Pilot Phase of a Social Monitoring in Communities in the Vicinity of Frankfurt Airport)*; Expertise on behalf of Regionales Dialogforum Flughafen Frankfurt; Institut Wohnen und Umwelt, Infrastruktur & Umwelt: Darmstadt, Humboldt Universität: Berlin, Germany, 2008.
52. van Kamp, I.; Houthuijs, D.; van Wiechen, C.; Breugelmans, O. Environmental noise and mental health: evidence from the Schiphol monitoring program. In *Proceedings of Inter-Noise 2007* [CD-ROM]; Turkish Acoustical Society: Istanbul, Turkey, 2007; Paper No. 132.
53. Babisch W, Houthuijs D, Pershagen G, Katsouyanni K, Velonakis M, Cadum E, Dudley, M.L.; Bluhm, G.; Breugelmans, O.; Charalampidis, A.; Dimakopoulou, K.; Savigny, P.; Seiffert, I.; Selander J.; Sourtzi, P.; Swart, W.; Vigna-Taglianti, F., Järup, L. Association between noise annoyance and high blood pressure. Preliminary results from the HYENA study. In *Proceedings of Inter-Noise 2007* [CD-ROM]; Turkish Acoustical Society: Istanbul, Turkey, 2007; Paper No. 133.
54. Nivison, E.; Endresen, I.M. An analysis of relationships among environmental noise, annoyance and sensitivity to noise, and the consequences for health and sleep. *Int. J. Behavioral Medicine* **1993**, *16*, 257–275.
55. Iwato, O. The relationship of noise sensitivity to health and personality. *Jpn. Psychol. Res.* **1984**, *26*, 75–81.
56. Babisch, W. Noise sensitivity in cardiovascular noise studies. In *Proceedings of Inter-Noise 2010* [CD-ROM]; Sociedade Portuguesa de Acústica: Lisbon, Portugal, 2010; Paper No. 569.
57. Job, R.F.S. The influence of subjective reactions to noise on health effects of the noise. *Environ. Int.* **1996**, *22*, 93–104.
58. Stansfeld, S.A.; Clark, C.R.; Turpin, G.; Jenkins, L.M.; Tarnopolsky, A. Sensitivity to noise in a community sample: II. Measurement of psychophysiological indices. *Psychol. Med.* **1985**, *15*, 255–263.
59. Heinonen-Guzejev, M.; Vuorinen, H.S.; H. Mussalo-Rauhamaa, H.; Heikkilä K.; Koskenvuo, M.; Kaprio, J. Somatic and psychological characteristics of noise-sensitive adults in Finland. *Arch. Environ. Health* **2004**, *59*, 410–417.

60. Babisch, W.; Ising, H.; Gallacher, J.E.J. Health status as a potential effect modifier of the relation between noise annoyance and incidence of ischaemic heart disease. *Occup. Environ. Med.* **2003**, *60*, 739-745.
61. Sarafino, E.P. *Health Psychology: Biopsychosocial Interactions*, 6th ed.; Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2008.

## Appendix

**Appendix 1.** Variables assessed in the questionnaire.

Variable category	Variable	Number of items	Response scale	Cronbach's $\alpha$	Ref.
Annoyance	Aircraft noise annoyance in the last 12 months before the interview	2	intensity scales: verbal 5-pt., numerical 11-pt.		34
Disturbances of activities due to aircraft noise	...of communication indoor	3	5-pt. intensity scale; mean score	0.92	
	...of communication outdoor	1			
	...of relaxation/concentration indoor	2		0.93	
	...relaxation outdoor	1			
	...nocturnal sleep	3		0.92	
Coping with aircraft noise	Measures done within an aircraft noise situation (coping)	16	5-pt. frequency scale; mean score	0.94	
Air traffic related attitudes	Fears concerning air traffic	4	5-pt. intensity scale; mean score	0.86	
	Confidence in authorities' effort for aircraft noise reduction	7		0.86	
	<i>Expectation concerning airport expansion</i>				
	Negative expectation	6	5-pt. intensity scale; mean score	0.91	
	Positive expectation	3		0.71	
	Economic expectation	2		0.76	
Residential satisfaction	Satisfaction with dwelling	1	5-pt. intensity scale		
	Satisfaction with residential area	1	5-pt. intensity scale		
	Satisfaction with infrastructure (6 items), attractiveness of residential area (3 items), quietness (3 items)	12	5-pt. intensity scale; subscores and total score: mean scores	0.82	32



## Appendix 1. Cont.

Variable category	Variable	Number of items	Response scale	Cronbach's $\alpha$	Ref.
Health-related quality of life (HQoL)	Vitality (SF-36)	4	SF subscales:		35
	Mental health (SF-36)	5	Transformed scale with values between 0 and 100. Higher values indicate higher HQoL		35
	Mental health (SF-12)	6			35
	Physical health (SF-12)	6			35
	Health complaints (GSCL 24): exhaustion (6 items); stomach (6), limbs (6); cardiac (6), total (24)	24	Subscores transformed to scale from 0 to 100. Reference sample [36]: mean = 50, SD = 10		36
Health diseases (morbidity)	Self-reported diagnosed diseases; Multimorbidity: 0-1 diseases vs. 2 or more diseases	18	ever had; in the last 12 months; dichotomized		37; 38
Sleep	Sleep quality (PSQI total index)	18	sum score: 0 to 21; values > 5 = bad quality		39
Personal factors	Noise sensitivity (single item)	1	5-pt. intensity scale		
	Age				
	Gender		female / male		
	House ownership		tenant / owner		
	Socio-economical status 'Scheuch-Winkler index'	3	includes income, education, occupational status		40



## **Publikation II: The associations between noise sensitivity, reported physical and mental health, perceived environmental quality, and noise annoyance**

**Dirk Schreckenberg, Barbara Griefahn<sup>1</sup>, Markus Meis<sup>2</sup>**

ZEUS GmbH, Sennbrink 46, 58093 Hagen, <sup>1</sup> Leibniz Research Centre for Working Environment and Human Factors at TU Dortmund University, Ardeystr 67, 44139 Dortmund, <sup>2</sup> Hoerzentrum Oldenburg GmbH, Marie-Curie-Str.2, 26111 Oldenburg, Germany

erschienen in Noise & Health, 2010, 12, 7-16.

Abrufbar von <http://www.noiseandhealth.org/text.asp?2010/12/46/7/59995>

Copyright: Noise & Health, published by Wolters Kluwer

# The associations between noise sensitivity, reported physical and mental health, perceived environmental quality, and noise annoyance

Dirk Schreckenberg, Barbara Griefahn<sup>1</sup>, Markus Meis<sup>2</sup>

ZEUS GmbH, Sennbrink 46, 58093 Hagen, <sup>1</sup>Leibniz Research Centre for Working Environment and Human Factors at TU Dortmund University, Ardeystr 67, 44139 Dortmund, <sup>2</sup>Hoerzentrum Oldenburg GmbH, Marie-Curie-Str.2, 26111 Oldenburg, Germany

## Abstract

One hundred and ninety residents around Frankfurt Airport (46% female; 17-80 years) were interviewed concerning noise annoyance due to transportation noise (aircraft, road traffic), perceived mental and physical health, perceived environmental quality, and noise sensitivity. The aim of the analyses was to test whether noise sensitivity reflects partly general environmental sensitivity and is associated with an elevated susceptibility for the perception of mental and physical health. In this study, the reported physical and mental health variables were not associated with noise exposure but with noise annoyance, and were interpreted to reflect nonspecific codeterminants of annoyance rather than noise effects. Noise sensitivity was found to influence total noise annoyance and aircraft noise annoyance but to a lesser degree annoyance due to road traffic noise. Noise sensitivity was associated with reported physical health, but not with reported mental health. Noise-sensitive persons reported poorer environmental quality in their residential area than less sensitive persons in particular with regard to air traffic (including the facets noise, pollution, and contaminations) and quietness. Other aspects of the perceived quality of the environment were scarcely associated with noise sensitivity. This indicates that noise sensitivity is more specific and a reliable predictor of responses to noise from the dominant source (in this case air traffic) rather than a predictor of the individual perception of the environmental quality in general.

*Keywords: Aircraft noise, health effects, noise sensitivity*

DOI: 10.4103/1463-1741.59995

## Introduction

Annoyance due to environmental noise is influenced by several nonacoustic factors such as personal traits and attitudes toward the source.<sup>[1-3]</sup> Noise sensitivity (NS) is regarded as a moderator or mediator of noise annoyance<sup>[4-6]</sup> and of other noise effects such as subjective sleep disturbances<sup>[7-11]</sup> or impaired mental performance.<sup>[12-14]</sup> NS was – irrespective of noise exposure – found to be associated with physical and mental health complaints,<sup>[15-22]</sup> with personality traits such as introversion/extraversion,<sup>[23,24]</sup> neuroticism<sup>[9,20,25,26]</sup> or negative affectivity.<sup>[11]</sup>

There are different concepts,<sup>[4,20]</sup> due to which NS is understood as a stable trait, an attitude or an internal state that, while independent from noise exposure, increases the susceptibility of an individual to noise in general and hence mediates or moderates the reactions to noise.

NS is usually measured by self assessment using single-items or multi-item questionnaires, e.g. Weinstein noise sensitivity

scale (WNS),<sup>[27]</sup> ‘Lärmempfindlichkeitsfragebogen’ (LEF)<sup>[28]</sup> or by assessing annoyance due to several noise sources other than the noise actually studied.<sup>[29-32]</sup>

## NS and negative affectivity

According to several reports, NS is associated with sensitivity to other ambient influences such as odor and is therefore assumed to partly reflect a general environmental sensitivity. NS seems to be part of more general psychological and/or physiological dimensions and may be interpreted to be associated with an elevated personal susceptibility to stressors in general or to negative affectivity.<sup>[20,21]</sup>

Negative affectivity denotes the disposition to experience aversive emotional states and to view oneself and the environment in a negative way.<sup>[33]</sup> It includes the feeling of distress, anger, (self-) dissatisfaction, revulsion etc. even in the absence of external stressors (e.g. noise). Negative affectivity comprises among others neuroticism, which is probably related to NS. Amann *et al.*,<sup>[25]</sup> e.g. analyzed different measurements of NS in four cross-sectional studies, namely

two face-to-face interviews and two telephone surveys. They equated neuroticism with negative affectivity and found moderate correlations with different NS scores (single item, self-constructed three-item scale, short version of LEF with nine items). Belojević and Jakovljević<sup>[26]</sup> reported a partial correlation (controlled by age and introversion/extraversion) between NS (determined with the WNS) and neuroticism (as assessed with the Eysenck Personality Questionnaire; EPQ).<sup>[34]</sup> In contrast neither Griffiths and Delauzun<sup>[35]</sup> nor Moreira and Bryan<sup>[36]</sup> found any correlation between NS and neuroticism.

The positive correlation of NS with sleep disturbances and health complaints determined by Smith *et al.*,<sup>[11]</sup> in a field study on the effects of community noise in Bristol disappeared after the inclusion of negative affectivity as a covariate. Hence, the authors concluded that the “effects of NS can be largely explained by negative affectivity”.<sup>[11]</sup> Watson and Pennebaker<sup>[37]</sup> reported strong associations between negative affectivity, self-reported health complaints and physical symptoms. They suggested an underlying broad and stable disposition of somatopsychic distress. Therefore, if NS is part of negative affectivity, this supports the suggestion of an association between NS and perceived health.

### NS and physiological functions

Regarding the relationship between NS and physiological functions such as heart rate, blood pressure, skin resistance etc., the literature provides inconsistent results. Stansfeld *et al.*,<sup>[32]</sup> found apart from lower heart rates in noise sensitive women, living in West London areas of low and high aircraft noise exposure, no other physiological differences (blood pressure, skin conductance, hearing thresholds measured during and after interviewing the subjects at home) as compared to women with lower sensitivity, living in the same areas.

Concerning physiological reactions to noise, Di Nisi *et al.*,<sup>[38]</sup> registered stronger heart rate increases in high noise-sensitive persons who completed a mental task during noise exposure than individuals with lower NS. Griefahn and Di Nisi<sup>[39]</sup> reported larger alterations of heart rate and peripheral blood flow to louder noises in sensitive than in nonsensitive persons. Persson Wayne *et al.*,<sup>[40]</sup> ascertained cortisol levels during mental performance tasks under ventilation noise but found elevated levels only when lower frequencies were added to the original noise. No significant differences between the physiological reactions to noise (heart rates) of sensitive and of nonsensitive persons were observed in an experimental study with 93 participants,<sup>[24]</sup> which was confirmed by another study.<sup>[41]</sup>

### NS and self-reported health

Several studies focused on the relation between NS and self-reported health. Whereas most studies revealed an association with self-reported mental health, associations

with self-reported physical health are less clear. In the West London Study on the effects of aircraft noise, Tarnopolsky *et al.*,<sup>[22]</sup> found a higher percentage of possible psychiatric cases among high noise-sensitive persons (as assessed with single-item self report) than in persons with average or low NS. Stansfeld<sup>[20]</sup> reported accordingly higher NS-scores in depressed patients than in matched controls (hospital staff), a higher rate of nonspecific neurotic symptoms in noise sensitive patients and a decrease of NS with recovery from depression. Taking the latter result into account, Stansfeld concluded that high noise sensitivity in these patients is partly secondary to current psychiatric state and that it diminishes as psychiatric symptoms lessen”.<sup>[20]</sup> However, he also stated that part of this drop in NS may be an effect of regression to the mean and thus an artifact of repeated measurements.<sup>[20,33]</sup>

Iwato<sup>[17]</sup> ascertained NS with a 21-item scale developed in reference to the WNS and self-reported mental and physical symptoms with the Japanese version of the Cornell Medical Index (CMI)<sup>[42]</sup> in 132 students. In this study, students with high NS-levels reported as compared to students with lower NS-levels more neurotic symptoms but a similar number of physical health symptoms. Nivison and Endresen,<sup>[19]</sup> who ascertained noise sensitivity, mental, and physical symptoms in women, showed by multiple regression analysis that only anxiety and nervous complaints – as indicators of self-reported mental health – contributed to the prediction of NS.

### NS and susceptibility to environmental stressors in general

Stansfeld<sup>[20]</sup> suggested that NS is part of two general dimensions, namely, neuroticism and environmental vulnerability. Weinstein<sup>[43]</sup> suggested that NS is part of a critical-uncritical dimension, i.e. the tendency of individuals to express negative judgments including critical evaluation of a wide range of physical and social facets of the environment quality (noise, privacy, air pollution, neighborhood). Indeed, several studies revealed a significant association between NS and sensitivity against non noise-related aspects of the environmental quality. Stansfeld and colleagues<sup>[31]</sup> found in women significant correlations between NS and general sensitivity, i.e. self-reported sensitivity to five sensory modalities (brightness, colour, pain, smell, touch). Similar, Hatfield *et al.*,<sup>[44]</sup> used the same general sensitivity scale in the Sydney Airport Health Study and found a significant correlation between general sensitivity and NS. However, apart from the effects of NS and general sensitivity on psychological reactions to aircraft noise (general reaction, annoyance and activity disturbance), in regression models NS was also associated with reported anxiety, general health, substance use and in high noise exposure areas panic, whereas general sensitivity was only related to reported general health in areas with high aircraft noise exposure and to depression and anxiety in areas with low noise areas. When NS entered the regression models as a predictor of noise outcomes at the second step in addition to the general sensitivity, which was

included as predictor at the first step, the multiple correlation for psychological reactions to noise and most of the reported health and mood variables increased significantly. The authors concluded that in the Sidney Airport Health Study, noise specific sensitivity turned out to be a more reliable predictor of noise effects (including reported health and mood) than general sensitivity.

Winneke and Neuf<sup>[45]</sup> exposed 119 persons, who were in their residential area either exposed to traffic noise or to industrial odors; experimentally to traffic noise, odorous compound ( $H_2S$ ), and tobacco smoke. Those who were highly annoyed by either traffic noise or industrial odors reported more disturbances across all three experimentally applied physico-chemical stressors than those persons who were less annoyed by their environment. Hoeger<sup>[46]</sup> found that noise sensitive persons showed a greater attentional focus in a visual detection task and that the size of attentional focus – operationalizing the degree of environmental monitoring – contributed to a greater extent to the explanation of disturbance by noise in a memory task session than noise sensitivity. He concluded that the degree of noise sensitivity reflects the extent of how people monitor their environment in general.

These findings are in accordance with a field study performed by Moehler *et al.*<sup>[47]</sup> who found correlations between noise sensitivity and odor sensitivity, and Lercher *et al.*<sup>[48]</sup> who reported in their field study a correlation between sensitivity toward odor and noise annoyance due to road traffic noise.

Nordin *et al.*<sup>[49]</sup> found accordingly significant correlations between scores of the Chemical sensitivity scale and the scores of the WNS. Further, Langdon<sup>[50]</sup> performed a social survey with 2 933 residents of Greater London and reported that environmental quality in the local neighborhood was judged lowest by noise-sensitive and highest by nonsensitive persons.

### Aim of the study

Evidence from the literature suggests that general internal dimensions in human beings such as negative affectivity, critical tendencies and attentional processes underlie the concept of NS and account for the perception of oneself and the environment in general. This means that NS is associated with perceived quality of life and subjective perception of mental and of physical health.

In this study, the data of residents living around a large airport focused on subjective estimates of ‘health-related quality’ and of ‘environmental quality’ of life were analyzed with regard to the following hypotheses. NS is one (of several) indicators of general environmental sensitivity and is associated with an elevated susceptibility for the subjective (negative) perception of mental and of physical health. This leads to correlations between NS and reported mental and physical health (H1). As NS refers specifically to the stressor

‘noise’ it is – as shown in numerous studies – related to noise annoyance. Moreover, as NS is part of a susceptibility to environmental stressors in general it is also associated with perceived aspects of environmental quality other than noise, that is noise sensitive people are more aware of the negative aspects of their residential environment (H2).

## Materials and Methods

### Procedure

A total of 2,310 residents living within a 40-km distance from Frankfurt Airport were interviewed with regard to their residential situation, health-related quality of life, annoyance and disturbances due to noise, in particular to aircraft noise.<sup>[51]</sup> The analyses presented here focus on a subsample of 190 persons (46% female; 17–80 years, mean age: 51 years) whose noise sensitivity was ascertained with the noise sensitivity questionnaire (see below).

### Noise load

Noise load was indicated by the equivalent noise level, that was separately calculated for daytime ( $L_{Aeq,16h}$ ) and night time ( $L_{night}$ ), and separately for aircraft and road traffic noise. As the result patterns were similar for both measures, this article concerns daytime noise levels ( $L_{Aeq,16h}$ ) only. The aircraft noise levels were calculated for each address on the base of flight movements of the six busiest months of the year 2005. Individual road traffic noise levels were taken from noise maps.

$L_{Aeq,16h}$  ranged from 41 to 62 dB (mean: 52 dB) for aircraft and 35 to 69 dB (mean: 51 dB) for road traffic noise. Note that aircraft noise was dominant and road traffic was the secondary noise source in most of the investigated areas.

### Questionnaires

Noise sensitivity (NS) was ascertained with the noise sensitivity questionnaire (NoiSeQ),<sup>[52]</sup> that consists of 35 items, namely, seven items each for the following five everyday life activities: ‘communication’, ‘habitation’, ‘leisure’, ‘sleep’, and ‘work’. Each item consists of a statement that concerns affective, cognitive, or behavioural reactions to noise where the respondents’ agreement is ascertained with a four-point scale (0: strongly disagree, 1: slightly disagree, 2: slightly agree, 3: strongly agree). The reliability of the questionnaire was tested using the G-theory. The coefficient of  $\phi = 0.91$  qualifies the NS-score for precision measurements according to ISO 10075-3:2004.<sup>[52-53]</sup>

Noise annoyance: Total noise annoyance ( $NA_{total}$ ), annoyance due to aircraft noise ( $NA_{aircraft}$ ) and to road traffic noise ( $NA_{road}$ ) in the residential area during the last 12 months before the interview were ascertained using the standardized verbal five-point scale.<sup>[54-55]</sup>



Environmental and social problems (ESP) in the residential area were assessed with 23 items. A factor analysis (based on the total of 2,310 interviews) revealed five factors that explained 56% of the variance, namely 'ESP-road' (including traffic density, emission of noise and pollution, road safety; Cronbachs  $\alpha = .82$ ),

- 'ESP-aircraft' (aircraft-related emission of noise and pollution, contaminations, air pollution;  $\alpha = .83$ ),
- 'ESP-economic situation' (unemployment, economic situation, delinquency, aging, and density of population;  $\alpha = .73$ ),
- 'ESP-miscellaneous environmental problems' (water quality, nuclear power, infrastructure, odor, playgrounds, and green area;  $\alpha = .74$ )
- 'ESP-neighbors' (unfriendliness, noise;  $\alpha = .65$ ).

The factor scores were calculated by averaging the rating values of the respective items. They represented different subdimensions of the perceived environmental quality. In addition, all items were summarized to a global score as a measure of ESP ( $\alpha = .90$ ).

Residential satisfaction (RS) was ascertained with 14 items that describe several attributes of the residential areas. Thirteen items were taken from a 16-item scale used in the Swiss Noise Study 2000.<sup>[56]</sup> The items that occurred in the ESP-scale (road traffic noise, air pollution, green area) were excluded. Instead, one item concerning supraregional transport connection was added. The factor analysis of these items revealed the following five factors that explain 61% of variance.

- 'RS-infrastructure' (shopping facilities, public transport, schools, leisure facilities, distance to the city, supraregional transport connection;  $\alpha = .79$ ),
- 'RS-quietness' (noise insulation of windows, house facades, quietness in the residential area;  $\alpha = .76$ ) and
- 'RS-attractiveness' (appearance, possibility of recreation, neighbors;  $\alpha = .63$ ).
- 'Distance to work' (one item)
- 'Quality of dwelling' (one item)

The first three factor scores were calculated by averaging the rating values of the respective items. Further, all items were averaged to a global score of residential satisfaction (RS-global).

The correlation between RS and ESP was  $r = 0.50$ , indicating that RS and ESP are the related dimensions of the perceived environmental quality of the residential area.

Self-reported physical and mental health: Four instruments were applied to indicate these variables

- Health-related quality of life was quantified with two approved items of the SF-12<sup>[57]</sup>, namely, 'SF-12 mental

health' and 'SF-12 physical health'.

- Diagnosed diseases. The interviewees named from a list of 18 diseases those diseases that were diagnosed by a physician (ever, the last 12 months). The list of diseases was taken from the German National Health Study 1998.<sup>[58]</sup> The number of diseases was then used as a morbidity score.
- Life satisfaction was measured by means of the FLZ-A ('Fragebogen zur Lebenszufriedenheit', German life satisfaction scale)<sup>[59]</sup> where satisfaction with 10 aspects of everyday life (e.g. friends, hobby, income, work, habitation, family, sexuality) was estimated with a five-point scale and then averaged. All satisfaction ratings were weighted with the relevance of the respective life aspect, which was also assessed on a five-point rating scale.
- Habitual sleep quality was ascertained with the German version of the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI).<sup>[60]</sup> Here the Global PSQI, i.e. the sum of seven subscales, was used.

These health-related variables were submitted to a factor analysis that revealed two factors explaining 66% of variance. These factors in this report were labelled as 'reported physical health' (including 'SF-12 physical health' and 'morbidity') and 'reported mental health' (including 'SF12 mental health', 'life satisfaction', and 'PSQI sleep quality').

### Analyses

Correlations of noise levels and noise annoyance with NS, variables concerning health-related quality of life and self-reported health problems, ESP as well as RS variables, age, and gender were calculated. This was done in order to differentiate at a first step those variables, which are related to noise exposure and can therefore be interpreted as (secondary) reactions to noise, and those variables, which are not related to noise exposure but to noise annoyance, can be interpreted as codeterminants of noise annoyance.

A multiple regression analysis was done with NS as a criterion to estimate the explained variance by reported mental and physical health together with age. ANOVAs were applied with NS as a dependent variable to analyze possible interactions between health-related variables and age. This way of modeling the relationship between NS and reported health was chosen to indicate that the perception of oneself as more or less *specifically* sensitive to noise goes along with the perception of oneself as more or less burdened with mental and physical health problems *in general*. Note that in this study the reported physical and mental health was not associated with noise exposure in the sense of a dose-response relationship (see below). As the health variables in this study were not correlated with exposure but with noise annoyance, they were interpreted to reflect more nonspecific

codeterminants of noise annoyance (in terms of pre-existing health diseases) rather than noise effects. It was then decided not to model the reported and mental health as outcome variables in analyses on the association between NS and reported health.

To analyze the extend in which NS and reported health codetermine noise annoyance as well as the perceived environmental quality in the residential area in general, further regression analyses were done to ascertain the explained variance of noise annoyance, perceived environmental/social problems, and residential satisfaction using aircraft noise level, NS and self-reported health as predictors.

In the analyses, a probability value of  $P < .01$  was defined as the level of significance.

**Table 1: Coefficients of correlations between NS, noise load (aircraft, road traffic) and noise annoyance (NA<sub>total</sub>, NA<sub>aircraft</sub>, NA<sub>road</sub>). N = 181 – 190**

	NS <sup>a</sup>	NA <sub>total</sub> <sup>b</sup>	NA <sub>aircraft</sub> <sup>b</sup>	NA <sub>road</sub> <sup>b</sup>
Noise load at daytime				
L <sub>Aeq,16h</sub> aircraft	.013	.371 **	.431 **	.091
L <sub>Aeq,16h</sub> road	-.136	-.023	-.107	.205 **
Noise annoyance				
NA <sub>total</sub>	.265 **		.659 **	.307 **
NA <sub>aircraft</sub>	.279 **	.659 **		.201 **
NA <sub>road</sub>	.065	.307 **	.201 **	

\*\*  $p < .01$ ; <sup>a</sup>noise sensitivity; <sup>b</sup>NA = noise annoyance

## Results

### Correlations between NS, noise load and selected subjective variables

As shown in Table 1, NS was not related to noise load but significantly to NA<sub>total</sub> and NA<sub>aircraft</sub>, however, not to NA<sub>road</sub>. NA<sub>total</sub> and NA<sub>aircraft</sub> were associated with aircraft noise exposure, where NA<sub>road</sub> was related to road traffic noise. This may be due to the fact that road traffic is the secondary source in most of the areas, whereas aircraft noise is dominant.

No interaction was found between noise exposure and NS in multiple regression analyses with annoyance variables as criteria and noise load, NS and the interaction between NS and the noise load variables as predictors (coefficients in regression analyses with NA<sub>total</sub> as criterion:  $\beta = .06$ ,  $P = .38$  for the interaction term  $NS * L_{Aeq,16h}$  aircraft, and  $\beta = -.10$ ,  $P = .16$  for the interaction term  $NS * L_{Aeq,16h}$  road; in regression analyses with the criteria NA<sub>aircraft</sub> and NA<sub>road</sub>, respectively;  $\beta = -.01$ ,  $P = .84$  for the interaction term  $NS * L_{Aeq,16h}$  aircraft, and  $\beta = -.01$ ,  $P = .20$  for the interaction term  $NS * L_{Aeq,16h}$  road). These results hint to the possible role of NS as a cofactor of noise annoyance independent from noise exposure.

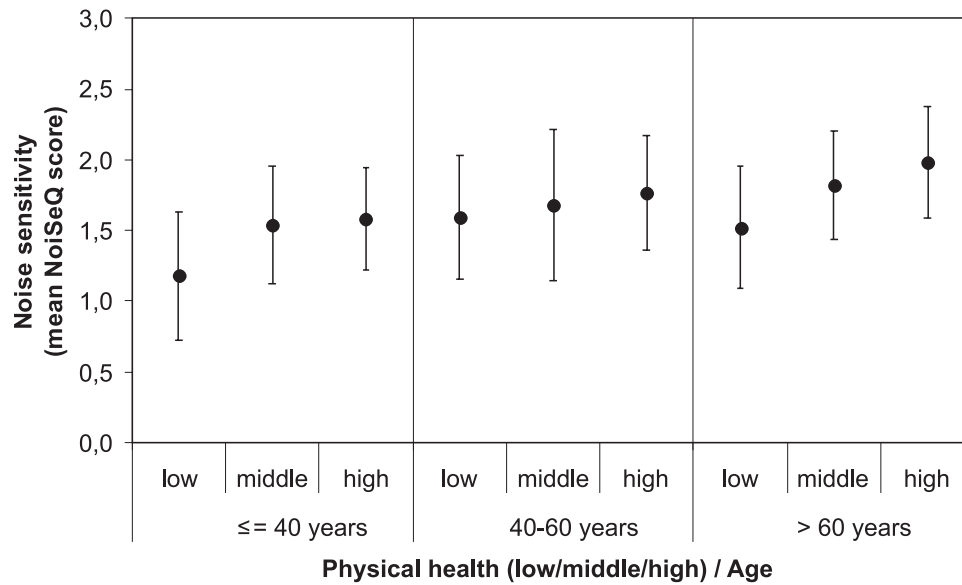
According to Table 2, all ESP- and most RS-variables are correlated significantly with NA<sub>total</sub>, NA<sub>aircraft</sub> or NA<sub>road</sub>. Half of the ESP-variables and all RS-variables are correlated with noise from aircraft but not from roads. This might indicate a partial influence of environmental noise on ESP- and on RS-variables. When controlling for noise annoyance (NA<sub>total</sub>, NA<sub>aircraft</sub>, NA<sub>road</sub>) subsequently performed partial correlation

**Table 2: Coefficients of correlations between noise annoyance, noise load with scores for perceived environmental quality (ESP), residential satisfaction, health-related quality of life, and life satisfaction. N= 167-190**

	Noise annoyance (NA)			Noise level daytime L <sub>Aeq,16h</sub>	
	Total	Aircraft	Road	Aircraft	Road
Environmental quality/residential satisfaction					
ESP <sup>a</sup> -global	.486 **	.462 **	.561 **	.302 **	.014
ESP-road traffic	.347 **	.241 **	.734 **	.086	.176
ESP-aircraft	.588 **	.705 **	.336 **	.413 **	-.018
ESP-economic situation	.320 **	.266 **	.338 **	.265 **	-.097
ESP-neighbors	.197 **	.238 **	.218 **	.169	.012
ESP-miscellaneous problems	.305 **	.243 **	.407 **	.175	-.021
RS <sup>b</sup> -global	-.380 **	-.335 **	-.289 **	-.333 **	.028
RS-quietness	-.496 **	-.431 **	-.351 **	-.363 **	-.024
RS-attractiveness	-.273 **	-.214 **	-.355 **	-.196 **	-.028
RS-infrastructure	-.183	-.155	-.089	-.195 **	.044
Health-related quality of life					
SF-12 reported physical health	-.133	-.069	-.014	.011	.126
SF-12 reported mental health	-.148	-.123	-.166	-.144	.079
Health diseases (morbidity)	.151	.087	.023	.038	-.086
PSQI sleep quality	.230 **	.216 **	.154	.022	-.063
Life satisfaction (FLZ score)	-.024	-.005	.036	-.091	.103
Socio-demographic variables					
Age	.094	.132	-.050	-.074	-.002
Gender	.198 **	.157	-.001	.029	.070

\*\* =  $P < .01$ ; <sup>a</sup>perceived environmental quality; <sup>b</sup>residential satisfaction





**Figure 1: Means of noise sensitivity grouped by age and physical health and results of respective 2-factorial ANOVA's with noise sensitivity as the dependent variable and physical health (low, middle, high) as well as age (three groups) as independent variables. Results of the ANOVA: Age:  $F[2;169] = 6.78$ ;  $P < .001$ ; PH:  $F[2;169] = 7.72$ ;  $P = .001$ ; Age\*PH:  $F[4;169] = .86$ ;  $P = .490$ ;  $N = 169$**

analyses revealed lower associations between ESP- and RS-variables on the one hand and noise exposure on the other hand. This suggests that the relation between ESP- and RS-variables with noise levels is partly mediated by noise annoyance.

The reported health variables were not correlated with noise load. This was also true after adjusting to socio-demographic factors such as gender, age or social status (an index including income, education, and occupational status)<sup>[51,61]</sup> for the subsample investigated in this study as well as for the whole sample of the main study. Apart from the PSQI that correlated significantly with  $NA_{total}$  and  $NA_{aircraft}$ , the correlations between reported health variables and noise annoyance failed to become significant in this study in contrast to the main study, where associations between noise annoyance and reported health were found.<sup>[61]</sup> Concerning socio-demographic variables, gender is correlated significantly with  $NA_{total}$  indicating slightly higher noise annoyance in women than in men.

### Prediction of NS by reported health, age and gender

A multiple regression analysis was done with reported mental health, reported physical health, age and gender as predictors and NS as criterion [Table 3].

The variables included in the regression model explained 23% of the variance of NS.

Age contributed most, whereas the role of gender was not significant. Concerning the two health-related predictors, only reported physical health contributed significantly to the prediction of NS. No interaction between reported physical

**Table 3:  $R^2$  and beta coefficients of linear multiple regression models with noise sensitivity as criterion and age, reported physical health, reported mental health and gender as predictors.  $N = 163$**

	NS
$R^2$	.23
Factors (beta coefficients)	
Age	.353**
Reported physical health (PH) (factor)	.221**
Gender	.115
Reported mental health (MH) (factor)	-.069

\*\* =  $P < .01$

and mental health with regard to the impact on NS was found when adding the interaction term reported physical health \* mental health in the regression analysis ( $\beta = -.002...$ ,  $P = .98$  for the interaction term).

Owing to a 2-factorial ANOVA with age and reported physical health as independent and NS as dependent variable [Figure 1], there was no interaction between age and reported physical health. This indicates that NS increases in persons with lower levels of reported physical health independently from age.

### Regression models with noise annoyance and perceived environmental/social problems as criterion

To determine the influence of NS on annoyance and on the evaluation of environmental problems in the residential area, regression models were calculated with noise loads (aircraft, road traffic) as predictors. Further predictors that were not related to noise load, namely NS, reported physical health and reported mental health, were included as well.

- The criteria were noise annoyance indicated by  $NA_{total}$ ,  $NA_{aircraft}$ , and  $NA_{road}$ ;
- ESP (environmental/social problems in the residential area including air traffic, road traffic, miscellaneous environmental problems, economic situation and neighbors);
- RS (residential satisfaction including RS-global, -quietness, -attractiveness, -infrastructure).

Although the approximation to normal distribution was improved by transformation (logarithm, square), the coefficients and the significance levels of the regression models were similar and led to the same conclusions when using the original data. Therefore, the results reported here concern the original data.

Noise annoyance: In this regression analysis, noise level explained most of the variance of noise annoyance (aircraft noise level with regard to  $NA_{total}$ , and  $NA_{aircraft}$ , road noise level with regard to  $NA_{road}$ ). Among the personal variables, only NS contributed to the prediction of noise annoyance, in particular  $NA_{total}$  and  $NA_{aircraft}$  [Table 4].

Environmental/social problems (ESP): Owing to the multiple regression analyses with ESP-variables as criteria [Table 5] mainly ESP-aircraft ( $R^2 = .36$ ) and ESP-global ( $R^2 = .22$ )

could be explained by the acoustical and personal variables. Exposure to one or more noise sources contributed in particular to the prediction of ESP-aircraft and ESP-road. The higher the noise exposure, the higher is the perception of respective traffic problems, meaning that the perception of environment problems partly reflects responses to environmental noise. The global ESP-score was also predicted by aircraft noise level, which may be due to the fact that aircraft-related items are included in this score. NS and reported physical health only contributed to the prediction of ESP-aircraft, which includes aircraft-related noise, pollution and contaminations. Reported mental health contributed to the explanation of most of the ESP-variables.

Residential satisfaction (RS): According to Table 6, the investigated predictors could mainly explain RS-global ( $R^2 = .29$ ) and RS-quietness ( $R^2 = .27$ ), whereas the explained variance for RS-attractiveness and RS-infrastructure did not exceed 0.17 and 0.13 respectively. All the four RS-variables were significantly associated with reported mental health, whereas the aircraft noise level had additionally an influence on RS-global and RS-quietness. NS contributed exclusively to the explanation of RS-quietness. Reported physical health did not significantly predict any of the RS-variables.

## Discussion

In this study, two hypotheses were formulated in order to test the association between NS and reported health as well as perceived environmental quality of life. If internal dimensions such as negative affectivity, critical tendencies and attentional processes underlie the concept of NS and account for the perception of one's own health status as well as for the perception of the environment in general, then NS should be related to reported mental and physical health in a regression model (H1). In addition, NS should not only be associated with noise annoyance but also with the perceived environmental quality in the residential area in general (H2).

### NS and reported physical and mental health (H1)

In this study NS was associated with reported *physical* health

**Table 4:  $R^2$  and beta coefficients of linear multiple regression models with noise annoyance variables ( $NA_{total}$ ,  $NA_{aircraft}$ ,  $NA_{road}$ ) as criteria and noise levels (aircraft, road) as well as NS, reported physical and mental health as predictors. N=163**

	Noise annoyance (NA)		
	Total	Aircraft	Road
$R^2$	.27	.28	.10
Factors (beta coefficients)			
$L_{Aeq,16h}$ aircraft	.370**	.429**	.111
$L_{Aeq,16h}$ road	.142	.057	.288**
Noise sensitivity	.256**	.270**	.074
Reported physical health	.149	.055	.036
Reported mental health	-.118	-.082	-.157

\*\* =  $P < .01$

**Table 5:  $R^2$  and beta coefficients of linear multiple regression models with several aspects of the perception of environmental and social problems in the residential area as criteria and noise levels (aircraft, road) as well as noise sensitivity, reported physical and mental health as predictors. N = 165**

	Perception of environmental and social problems					
	Global	Aircraft	Road traffic	Misc. environment problems	Economic situation	Neighbor
$R^2$	.22	.36	.11	.13	.15	.04
Factors (beta coefficients)						
$L_{Aeq,6-22h}$ aircraft	.261**	.414**	.064	.113	.207	.162
$L_{Aeq,6-22h}$ road	.151	.185**	.255**	.064	-.036	.058
Noise sensitivity	.130	.230**	.029	.091	.008	.091
Reported physical health (factor)	.181	.240**	.125	.086	.144	.040
Reported mental health (factor)	-.286**	-.207**	-.205**	-.306**	-.256**	-.028

\*\* =  $P < .01$

**Table 6: R<sup>2</sup> and beta coefficients of linear multiple regression models with residential satisfaction (RS-global, and the subscales RS-quietness, RS-attractiveness and RS-infrastructure as criterion and noise levels (aircraft, road) as well as noise sensitivity, reported physical and mental health as predictors. N = 163**

	Residential satisfaction (RS)			
	Global	Quietness	Attractiveness	Infrastructure
R <sup>2</sup>	.29	.27	.17	.13
Factors (beta coefficients)				
L <sub>Aeq,16h</sub> aircraft	-.290**	-.335**	-.129	-.197
L <sub>Aeq,16h</sub> road	-.099	-.178	-.114	-.022
Noise sensitivity	-.123	-.262**	-.099	-.005
Reported physical health (factor)	-.032	.146	-.096	.089
Reported mental health (factor)	-.404**	.265**	.342**	.274**

\*\* =  $P < .01$ 

but not with reported *mental* health. This result contradicts the findings of Iwato<sup>[17]</sup> and Nivison and Endresen,<sup>[19]</sup> who found that the relationship between NS and indicators of mental health is at least as strong as the association between NS and self-reported physical health problems. Nivison and Endresen<sup>[19]</sup> as well as Stansfeld<sup>[20]</sup> reported the observed relationship only for women. Regression models calculated in this study for both genders revealed that for both male and female mental health failed to predict NS.

A (*post-hoc*) explanation for the findings may be the distinction between the concepts of negative affectivity and positive affectivity according to Watson and colleagues.<sup>[62]</sup> Both are two different dimensions of affect. Whereas negative affectivity reflects aspects of unpleasantness and is related to health complaints, (low) positive affectivity implies feelings with regard to (dis)engagement associated with (a lack of) energy. Correspondingly, high positive affectivity is associated with enthusiasm, excitement, and alertness. Similar to the concept of positive affectivity, the factor of mental health used in this study includes aspects of vitality, activity (SF-12) and satisfaction with different aspects of life. Therefore, it can be assumed that the reported mental health as ascertained in this study reflects the dimension of positive affectivity, whereas the reported physical health reflects negative affectivity, which was previously found to be correlated with noise sensitivity.<sup>[20,21]</sup> Note, that negative as well as positive affectivity was not assessed in this study. Therefore, further research is needed to test the role of both sides of affectivity in the context of noise, noise sensitivity and health. As far as the authors know, only negative affectivity has been investigated in the context of noise.

One can argue that the concept of positive affectivity as an explanation of our findings with regard to the relationship of NS and reported mental health does not account for the associations found in previous studies. However, mental health as assessed in previous studies, was focused on health problems, i.e. aversive aspects of health (psychiatric disorders,<sup>[20-22]</sup> complaints,<sup>[19]</sup> mental symptoms<sup>[17,63]</sup>) whereas in this study as mentioned reported mental health refers to vitality, activity and life satisfaction.

One of the limitations of this study is that negative affectivity or related concepts such as neuroticism were, unfortunately, not explicitly assessed in the field study carried out at Frankfurt Airport. However, in accordance with Job and Sakashita,<sup>[64]</sup> who stated that the simple warning 'correlation is not causation' is misleading and that allowing for assumptions about relationships between (noise - health) variables, based on previous research, improve the interpretation of empirically identified associations, negative affectivity was introduced as a possible explanation of the reported health-NS relationship found in this study.

## NS, noise annoyance and judged environmental quality (H2)

As expected, NS was not correlated with noise exposure but was associated with noise annoyance in the residential area in general (NA<sub>total</sub>) and with annoyance due to the main noise source around airports, namely, aircraft (NA<sub>aircraft</sub>). It was not related to annoyance due to road traffic noise, which may be due to the fact that road traffic is the secondary source in most of the areas, whereas aircraft noise is dominant. Furthermore, NS did not contribute to the prediction of most of the perceived environmental/social problems and residential satisfaction. Therefore, hypothesis H2 is not confirmed by the data.

Only ESP-aircraft, including aircraft-related noise, pollution and contaminations, and RS-quietness, concerning windows and façade insulation as well as quietness in the residential area, were significantly associated with NS. Both, ESP-aircraft and RS-quietness, were also correlated with aircraft noise levels and thus can be understood as (secondary) reactions to aircraft noise exposure. That is, the relationship between ESP-aircraft, RS-quietness and NS seems to indicate an association of NS with aircraft noise reactions and does not mean that NS reflects a sensibility to environmental stressors in general. Thus, the findings do not support Weinstein's critical tendency hypothesis<sup>[43]</sup> which suggests that NS is part of a general tendency of noise sensitive individuals to be more aware of the negative aspects of their environment and to judge the perceived environmental quality more critically. In fact, the results of this study indicate that NS is more specific and therefore a reliable predictor of responses to noise (like

annoyance) rather than a predictor of the perception of the environmental quality in general. This suggests that residents when judging the environmental quality of the residential area they live in are well able to differentiate between different aspects of their environment.

### Noise sensitivity and age

In this study, age contributed to the prediction of NS, indicating higher NS for older people in comparison to young people. This association between NS and age was found in previous studies as well. For example, Nivison and Endresen<sup>[19]</sup> and Matsumura and Rylander<sup>[65]</sup> found an increase of NS with age. Zimmer and Ellermeier<sup>[66]</sup> reported only a tendency in the same direction when measuring NS with the LEF, probably due to the limited age range in this study. On the other hand, Heinonen-Guzejev *et al.*<sup>[67]</sup> observed a decrease of NS (measured with the WNS) with age, whereas Stansfeld *et al.*<sup>[31]</sup> found the highest NS (using a single-item self-report and the McKennell scale for sensitivity measurement) among middle-aged women (30-44 years) and a declining sensitivity in older age groups. Belojević and Jakovljević<sup>[26]</sup> using the WNS for NS measurement, as well as Moreira and Bryan<sup>[36]</sup> ascertaining NS with both single-item assessment and multi-item scale observed no correlation between age and NS. Hence, the different findings suggest an inconsistent relationship between age and NS which may partly be an artifact due to different measurements of NS. That is, in most of the cited studies, WNS and the single item measurement of NS might behave different than the LEF and the NoiSeQ,

### Conclusion

In this study, it was hypothesized that NS is associated with an elevated susceptibility for the negative perception of ones own mental and physical health due to an underlying internal dimension (negative affectivity) affecting both NS and the subjectively perceived health. A second assumption was that NS is part of environmental sensitivity in general.

The results of survey data of 190 persons living in the vicinity of Frankfurt Airport Study indicate that NS is associated with self-reported physical health but not with reported mental health. NS contributed to the prediction of the evaluated environmental quality in the residential area in particular with regard to air traffic (including the facets noise, pollution, and contaminations) and quietness. Other aspects of the perceived quality of the environment were hardly associated with NS. Therefore, little evidence was found that NS affects the perception of general environmental quality in general. This indicates that NS is more specific and therefore a reliable predictor of responses to noise rather than a predictor of the way in which people perceive the environmental quality in their residential area in general.

### Address for correspondence:

Dirk Schreckenberg  
ZEUS GmbH,  
Sennbrink 46,  
58093 Hagen, Germany  
E-mail: schreckenberg@zeusgmbh.de

### References

1. Fields JM. Effect of personal and situational variables on noise annoyance in residential areas. *J Acoust Soc Am* 1993;93:2753-63.
2. Job RF. Community response to noise: A review of factors influencing the relationship between noise exposure and reaction. *J Acoust Soc Am* 1988;83:991-1001.
3. Miedema HM, Vos H. Demographic and attitudinal factors that modify annoyance from transportation noise. *J Acoust Soc Am* 1999;105:3336-44.
4. Job RF. Noise sensitivity as a factor influencing human reaction to noise. *Noise Health* 1999;3:57-68.
5. Miedema HM, Vos H. Noise sensitivity and reactions to noise and other environmental conditions. *J Acoust Soc Am* 2003;113:1492-504.
6. van Kamp I, Job RF, Hatfield J, Haines M, Stellato RK, Stansfeld SA. The role of noise sensitivity on the noise-response relation: A comparison of three international airport studies. *J Acoust Soc Am* 2004;116:3471-9.
7. Marks A, Griefahn B, Basner M. Event-related awakenings caused by nocturnal transportation noise. *Noise Contr Eng J* 2008;56:52-62.
8. Marks A, Griefahn B. Associations between noise sensitivity and sleep, subjectively evaluated sleep quality, annoyance, and performance after exposure to nocturnal traffic noise. *Noise Health* 2007;9:1-7.
9. Öhrström E, Bjorkman M. Effects of noise-disturbed sleep: A laboratory study on habituation and subjective noise sensitivity. *J Sound Vib* 1988;122:277-90.
10. Öhrström E. Effects of low levels of road traffic noise during the night: A laboratory study on number of events, maximum noise levels and noise sensitivity. *J Sound Vib* 1995;179:603-15.
11. Smith A, Nutt D, Wilson S, Rich N, Hayward S, Hetherley S. Noise and insomnia: A study of community noise exposure, sleep disturbance, noise sensitivity and subjective reports of health. Report to the UK Department of Health and Department of Environment, Transport and the Regions: Cardiff, Bristol; 2002.
12. Belojević G, Öhrström E, Rylander R. Effects of noise on mental performance with regard to subjective noise sensitivity. *Int Arch Occup Environ Health* 1992;64:293-301.
13. Ljungberg JK, Neely G. Stress, subjective experience and cognitive performance during exposure to noise and vibration. *J Environ Psych* 2007;27:44-54.
14. Smith A, Stansfeld SA. Aircraft noise exposure, noise sensitivity, and everyday errors. *Environ Beh* 1986;18:214-26.
15. Belojević G, Jakovljević B, Aleksić O. Subjective reactions to traffic noise with regard to some personality traits. *Environ Int* 1997;23:221-6.
16. Heinonen-Guzejev M, Vuorinen HS, Mussalo-Rauhamaa H, Heikkilä K, Koskenvuo M, Kaprio J. The association of noise sensitivity with coronary heart and cardiovascular mortality among Finnish adults. *Sc Total Environ* 2007;372:406-12.
17. Iwato O. The relationship of noise sensitivity to health and personality. *Jap Psych R* 1984;26:75-81.
18. Matsui T, Kishikawa H, Uchiyama I, Miyakawa M, Hiramatsu K, Stansfeld SA. Noise sensitivity and subjective health – questionnaire study conducted along trunk roads. *Proc Internoise*; Istanbul; Aug 2007.
19. Nivison E, Endresen IM. An analysis of relationships among environmental noise, annoyance and sensitivity to noise, and the consequences for health and sleep. *J Beh Med* 1993;16:257-75.
20. Stansfeld SA. Noise, noise sensitivity and psychiatric disorder: Epidemiological and psychophysiological studies. *Psychol Med* 1992;22:S1-44.
21. Stansfeld SA, Sharp DS, Gallacher J, Babisch W. Road traffic noise, noise sensitivity and psychological disorder. *Psychol Med* 1993;23:977-85.



22. Tarnopolky A, Barker SM, Wiggins RD, Mclean EK. The effect of aircraft noise on the mental health of a community sample: A pilot study. *Psychol Med* 1978;8:219-33.
23. Dornic S, Ekehammar B. Extraversion, neuroticism, and noise sensitivity. *Pers Individ Diff* 1990;11:989-92.
24. Öhrström E, Björkman M, Rylander R. Noise annoyance with regard to neurophysiological sensitivity, subjective noise sensitivity and personality variables. *Psych Med* 1988;18:605-13.
25. Amann E, Lercher P, Weichbold V, Eisenmann A. The effects of measuring noise sensitivity with a single or several rating scale on the population prevalence and distribution of this personality trait. *Proc Internoise*; Istanbul; Aug 2007.
26. Belojević G, Jakovljević B. Factors influencing subjective noise sensitivity in an urban population. *Noise Health* 2001;4:17-24.
27. Weinstein ND. Individual differences in reactions to noise: A longitudinal study in a college dormitory. *J Sound Vib* 1978;63:458-66.
28. Zimmer K, Ellermeier E. Konstruktion und Evaluation eines Fragebogens zur Erfassung der individuellen Lärmempfindlichkeit (Construction and evaluation of a questionnaire for assessing individual noise sensitivity). *Diagnostica* 1998;44:11-20.
29. Bullen RB, Hede AJ, Kyriacos E. Reaction to aircraft noise in residential areas around Australian airports. *J Sound Vib* 1986;108:199-225.
30. McKennell AC. Aircraft noise annoyance around London (Heathrow) airport. Central Office of Information: London; 1963.
31. Stansfeld SA, Clark CR, Jenkins LM, Tarnopolsky A. Sensitivity to noise in a community sample: I: Measurement of psychiatric disorder and personality. *Psychol Med* 1985;15:243-54.
32. Stansfeld SA, Clark CR, Turpin G, Jenkins LM, Tarnopolsky A. Sensitivity to noise in a community sample: II: Measurement of psychophysiological indices. *Psychol Med* 1985;15:255-63.
33. Watson D, Clark LA. Negative affectivity: The disposition to experience aversive emotional states. *Psych Bull* 1984;96:465-90.
34. Eysenck HJ, Eysenck SB. Manual of the Eysenck personality questionnaire. Hodder and Stoughton: London; 1975.
35. Griffiths ID, Delaunay FR. Individual differences in sensitivity to traffic noise: An empirical study. *J Sound Vib* 1977;55:93-107.
36. Moreira NM, Bryan ME. Noise annoyance susceptibility. *J Sound Vib* 1972;21:449-62.
37. Watson D, Pennebaker JW. Health complaints, stress, and distress: Exploring the central role of negative affectivity. *Psych Rev* 1989;96:234-54.
38. Di Nisi J, Muzet A, Weber LD. Cardiovascular responses to noise: Effects of self-estimated sensitivity to noise, sex, and time of the day. *J Sound Vib* 1987;114:271-9.
39. Griefahn B, Di Nisi J. Mood and cardiovascular functions during noise, related to sensitivity, type of noise and sound pressure level. *J Sound Vib* 1992;155:111-23.
40. Persson Wayne K, Bengtsson J, Rylander R, Hucklebridge F, Evans P, Clow A. Low frequency noise enhances cortisol among noise sensitive subjects during work performance. *Life Sc* 2002;70:745-58.
41. Brink M, Wirth K, Rometsch R, Schierz C. Lärmstudie 2000 - Zusammenfassung (Noise study 2000 - Summary). ETH Zurich, Zentrum für Organisations- und Arbeitswissenschaften. Zurich; 2005. Available from: <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/show?type=berichtandnr=444>.
42. Kanehisa T, Fukamachi T. Cornell Medial Index. Sankyohboh: Kyoto; 1976.
43. Weinstein ND. Individual differences in critical tendencies and noise annoyance. *J Sound Vib* 1980;68:241-8.
44. Hatfield J, Job RF, Carter NL, Peploe P, Taylor R, Morell S. General sensitivity to stimulation influences sensitivity to the psychological and physiological effects of noise exposure. *Proc Internoise*; Fort Lauderdale, Florida, USA; Dec 1999.
45. Winneke G, Neuf M. Psychological response to sensory stimulation by environmental stressors: Trait or state? *Appl Psych* 1992;41:257-67.
46. Hoeger R. Cognitive aspects of noise sensitivity. In: Contributions to the psychological acoustics. In: Schick A, Meis M, Reckhardt C, editors. Vol. 8, BIS-Verlag: Oldenburg; 2000. p. 465-79.
47. Moehler U, Liepert M, Schuemer R, Griefahn B. Differences between railway and road traffic noise. *J Sound Vib* 2000;231:853-64.
48. Lercher P, Schmitzberger R, Kofler R. Perceived traffic air pollution, associated behavior and health in an alpine area. *Sc Total Environ* 1995;169:71-4.
49. Nordin S, Millqvist E, Löwhagen O, Bende M. The chemical sensitivity scale: Psychometric properties and comparison with the noise sensitivity scale. *J Environ Psych* 2003;23:359-67.
50. Langdon FJ. Noise nuisance caused by road traffic in residential areas: Part III. *J Sound Vib* 1976;49:241-56.
51. Schreckenberg D, Meis M. Effects of aircraft noise on noise annoyance and quality of life around Frankfurt Airport. ZEUS GmbH: Hagen/Bochum; 2006. Available from: <http://www.verkehrslaermwirkung.de/FRA070222.pdf>.
52. Schütte M, Marks A, Wenning E, Griefahn B. The development of the noise sensitivity questionnaire. *Noise Health* 2007;9:15-24.
53. ISO 10075-3. Ergonomic principles related to mental workload - Part 3: Measurement and assessment of mental workload. International Organization for Standardization: Geneva; 2004.
54. ISO TC 43/SC 1. Acoustics assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys. ISO/TS 15666, International Organization for Standardization: Genève; 2002.
55. Fields JM, deJong RG, Gjestland T, Flindell IH, Job RF, Kurra S, *et al.* Standardized general-purpose noise reaction questions for community noise surveys: Research and a recommendation. *J Sound Vib* 2001;242:641-79.
56. Wirth K. Lärmstudie 2000. Die Belästigungssituation im Umfeld des Flughafens Zürich (Noise study 2000. Annoyance situation around Airport Zurich), Shaker: Aachen; 2004.
57. Bullinger M, Kirchberger I. SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand – Manual (SF-36 Questionnaire for assessing health status – manual). Hogrefe: Goettingen; 1998.
58. Bellach BM, Knopf H, Thefeld W. Der Bundes-Gesundheitssurvey 1997/98 (The German National Health Survey 1997/1998). *Gesundheitswesen* 1998;60:59-68.
59. Herschbach P, Henrich G. Der Fragebogen als methodischer Zugang zur Erfassung von 'Lebensqualität' in der Onkologie (Questionnaire as a method for the assessment of quality of life in oncology); in: Lebensqualität in der Onkologie (quality of life in oncology). In: Schwarz R, Bernhard J, Flechtner H, Küchler T, Hüry C, editors. Zuckschwert: Munich; 1991. p. 34-46.
60. Backhaus J, Niemann T, Hohagen F, Riemann D, Junghanns K. Test-retest reliability of the Pittsburgh Sleep Quality Index (=PSQI) in patients with primary insomnia. *World J Biol Psych* 2001;2:374.
61. Schreckenberg D, Meis M. Lärmbelästigung und Lebensqualität in der Bevölkerung am Frankfurter Flughafen. (Noise annoyance and quality of life of residents living in the vicinity of Frankfurt Airport). *Lärmbekämpfung* (6), 225-35.
62. Watson D, Wiese D, Vaidya J, Tellegen A. The two general activation systems of affect: Structural findings, evolutionary considerations, and psychobiological evidence. *J Pers Soc Psych* 1999;76:820-38.
63. Kishikawa H, Matsui T, Uchiyama I, Miyakawa M, Hiramatsu K, Stansfeld SA. Noise sensitivity and subjective health: Questionnaire study conducted along trunk roads in Kusatsu, Japan. *Noise Health* 2009;11:111-7.
64. Job RF, Sakashita C. Conceptual differences between experimental and epidemiological approaches to assessing the causal role of noise in health effects. In: Griefahn B, editor. Noise as a public health problem, Proceedings of 9th Congress of the International Commission on the Biological Effects of Noise (ICBEN) 2008, Mashantucket, Connecticut, USA / IfADo, Dortmund; 2008. p. 280-6.
65. Matsumura Y, Rylander R. Noise sensitivity and road traffic annoyance in a population sample. *J Sound Vib* 1991;151:415-9.
66. Zimmer K, Ellermeier W. Psychometric properties of four measures of noise sensitivity: A comparison. *J Environ Psych* 1990;19:295-302.
67. Heinonen-Guzejev M, Vuorinen HS, Mussalo-Rauhamaa H, Heikkilä K, Koskenvuo M, Kaprio J. Somatic and psychological characteristics of noise-sensitive adults in Finland. *Arch Environ Health* 2004;59:410-7.

**Source of Support:** Nil, **Conflict of Interest:** None declared.



## **Publikation III: NORAH Study on Noise-Related Annoyance, Cognition and Health: a transportation noise effects monitoring program in Germany (2011)**

**Dirk Schreckenberg<sup>1</sup>, Thomas Eikmann<sup>2</sup>, Frank Faulbaum<sup>3</sup>, Eva Haufe<sup>4</sup>, Caroline Herr<sup>2</sup>, M. Klatte<sup>5</sup>, M. Meis<sup>6</sup>, U. Möhler<sup>7</sup>, U. Müller<sup>8</sup>, J. Schmitt<sup>9</sup>, A. Seidler<sup>4</sup>, E. Swart<sup>10</sup>, H. Zeeb<sup>11</sup>, A. zur Nieden<sup>2</sup>, R. Guski<sup>12</sup>**

<sup>1</sup> ZEUS GmbH, Centre for Applied Psychology, Environmental and Social Research, Sennbrink 46, 58093 Hagen, Germany, schreckenberg@zeusgmbh.de

<sup>2</sup> Institute of Hygiene and Environmental Medicine, Justus-Liebig-University Giessen, Friedrichstr. 16, 35392 Giessen, Germany, thomas.eikmann@hygiene.med.uni-giessen.de, caroline.herr@hygiene.med.uni-giessen.de, anja.z.nieden@hygiene.med.uni-giessen.de

<sup>3</sup> Sozialwissenschaftliches Umfragezentrum GmbH, Gallenkampstr. 20, 47051 Duisburg, Germany, frank.faulbaum@uni-due.de

<sup>4</sup> TU Dresden, Institute and Outpatient Clinics of Occupational and Social Medicine (IPAS), Mommsenstraße 13, 01062 Dresden, Germany; andreas.seidler@mailbox.tu-dresden.de

<sup>5</sup> TU Kaiserslautern, Psychology I, Gottlieb-Daimler-Strasse, 67663 Kaiserslautern, Germany, klatte@rhrk.uni-kl.de

<sup>6</sup> Hörzentrum Oldenburg GmbH, Marie-Curie-Str. 2, 26129 Oldenburg, Germany, m.meis@hoerzentrum-oldenburg.de

<sup>7</sup> Möhler & Partner Ingenieure AG, Paul-Heyse-Straße 27, 80336 München, Germany, ulrich.moehler@mopa.de

<sup>8</sup> German Aerospace Center, Flight Physiology Department, Linder Höhe, 51147 Cologne, Germany, uwe.mueller@dlr.de

<sup>9</sup> University Medical Center Dresden, Blasewitzer Str. 86, 01307 Dresden, Germany, jochen.schmitt@uniklinikum-dresden.de

<sup>10</sup> University Magdeburg, Institute for Social Medicine and Health Economics, Leipziger Str. 44, 39120 Magdeburg, Germany, enno.swart@med.ovgu.de

<sup>11</sup> Bremen Institute for Prevention Research and Social Medicine (BIPS), Achterstrasse 30, 28359 Bremen, Germany, zeeb@bips.uni-bremen.de

<sup>12</sup> Ruhr-University Bochum, Dept. of Psychology, WG Environment & Cognition, 44780 Bochum, Germany, rainer.guski@rub.de

erschienen in Proceedings of the 10th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN 2011) (pp. 390-398). London, UK: ICBEN 24–28 July 2011. Abrufbar von <http://www.icben.org/2011/pdf/ICBEN2011.pdf#page=391>

## **NORAH – Study on Noise-Related Annoyance, Cognition and Health: a transportation noise effects monitoring program in Germany**

D. Schreckenberger<sup>1</sup>, T. Eikmann<sup>2</sup>, F. Faulbaum<sup>3</sup>, E. Haufe<sup>4</sup>, C. Herr<sup>2</sup>, M. Klatte<sup>5</sup>, M. Meis<sup>6</sup>, U. Möhler<sup>7</sup>, U. Müller<sup>8</sup>, J. Schmitt<sup>9</sup>, A. Seidler<sup>4</sup>, E. Swart<sup>10</sup>, H. Zeeb<sup>11</sup>, A. zur Nieden<sup>2</sup>, R. Guski<sup>12</sup>

- <sup>1</sup> ZEUS GmbH, Centre for Applied Psychology, Environmental and Social Research, Sennbrink 46, 58093 Hagen, Germany, [schreckenberger@zeusgmbh.de](mailto:schreckenberger@zeusgmbh.de)
- <sup>2</sup> Institute of Hygiene and Environmental Medicine, Justus-Liebig-University Giessen, Friedrichstr. 16, 35392 Giessen, Germany, [thomas.eikmann@hygiene.med.uni-giessen.de](mailto:thomas.eikmann@hygiene.med.uni-giessen.de), [caroline.herr@hygiene.med.uni-giessen.de](mailto:caroline.herr@hygiene.med.uni-giessen.de), [anja.z.nieden@hygiene.med.uni-giessen.de](mailto:anja.z.nieden@hygiene.med.uni-giessen.de)
- <sup>3</sup> Sozialwissenschaftliches Umfragezentrum GmbH, Gallenkampstr. 20, 47051 Duisburg, Germany, [frank.faulbaum@uni-due.de](mailto:frank.faulbaum@uni-due.de)
- <sup>4</sup> TU Dresden, Institute and Outpatient Clinics of Occupational and Social Medicine (IPAS), Mommsenstraße 13, 01062 Dresden, Germany; [andreas.seidler@mailbox.tu-dresden.de](mailto:andreas.seidler@mailbox.tu-dresden.de)
- <sup>5</sup> TU Kaiserslautern, Psychology I, Gottlieb-Daimler-Strasse, 67663 Kaiserslautern, Germany, [klatte@rhrk.uni-kl.de](mailto:klatte@rhrk.uni-kl.de)
- <sup>6</sup> Hörzentrum Oldenburg GmbH, Marie-Curie-Str. 2, 26129 Oldenburg, Germany, [m.meis@hoerzentrum-oldenburg.de](mailto:m.meis@hoerzentrum-oldenburg.de)
- <sup>7</sup> Möhler & Partner Ingenieure AG, Paul-Heyse-Straße 27, 80336 München, Germany, [ulrich.moehler@mopa.de](mailto:ulrich.moehler@mopa.de)
- <sup>8</sup> German Aerospace Center, Flight Physiology Department, Linder Höhe, 51147 Cologne, Germany, [uwe.mueller@dlr.de](mailto:uwe.mueller@dlr.de)
- <sup>9</sup> University Medical Center Dresden, Blasewitzer Str. 86, 01307 Dresden, Germany, [jochen.schmitt@uniklinikum-dresden.de](mailto:jochen.schmitt@uniklinikum-dresden.de)
- <sup>10</sup> University Magdeburg, Institute for Social Medicine and Health Economics, Leipziger Str. 44, 39120 Magdeburg, Germany, [enno.swart@med.ovgu.de](mailto:enno.swart@med.ovgu.de)
- <sup>11</sup> Bremen Institute for Prevention Research and Social Medicine (BIPS), Achterstrasse 30, 28359 Bremen, Germany, [zeeb@bips.uni-bremen.de](mailto:zeeb@bips.uni-bremen.de)
- <sup>12</sup> Ruhr-University Bochum, Dept. of Psychology, WG Environment & Cognition, 44780 Bochum, Germany, [rainer.guski@rub.de](mailto:rainer.guski@rub.de)

## **INTRODUCTION**

Since the announcement in 1998 there have been discussions in the Rhine Main area among stakeholders about the expansion of Frankfurt Airport, including the construction of the 4th runway (opening expected in October 2011), and about the health-related effects of aircraft noise in relation to other noise sources.

In order to get more insight into the effects of transportation noise in general (not only aircraft noise) the state-owned Environment & Community Center (ECC) of the Forum Airport and Region (FFR) commissioned the authors of this contribution to develop and conduct a noise effects monitoring program at Frankfurt Airport and comparative studies at other German airports. The subject matters of this study, called NORAH study (Noise-Related Annoyance, cognition and Health) are

- noise annoyance and health-related quality of life (HQoL; including reported diagnosed health diseases): Aircraft noise annoyance and HQoL before and after the opening of the 4th runway in comparison to annoyance at other airports; compari-



son of HQoL and annoyance due to aircraft, railway and road traffic noise; effects of combined transportation noise exposure on annoyance and HQoL;

- effects of transportation noise on hypertension and cardio-vascular diseases and the causal structure of noise exposure, noise reactions, and health effects;
- effects of changing nocturnal noise exposure at Frankfurt Airport on sleep;
- noise effects on cognitive performance and health-related quality of life (HQoL) in children.

The study started in April 2011 and is initially projected for three years. In this contribution the concept and methods of the monitoring program are presented.

## BACKGROUND AND WORKING MODEL

Environmental noise, particularly transportation noise, is one of the main environmental burdens in modern society. According to the World Health Organization (WHO 2011) the core outcomes of environmental noise in terms of disability-adjusted live years (DALYs) are sleep disturbance, annoyance, cardio-vascular diseases, and cognitive impairment in children.

The health-related effects of long-term exposition to environmental noise are regarded as an example of the distress-inducing impact of environmental burden. According to noise-related stress models (e.g. van Kamp 1990) the above mentioned noise effects are interrelated and can be understood as parts of the distress-inducing process. When imposed demands of an environmental stressor (noise) exceeds the ability of the individual to cope with it this results in acute psychological and physiological strain (Henry & Stephens 1977; Lazarus & Launier 1978). Perceived control, noise annoyance, cognitive impairments, and sleep disturbances going along with physiological reactivity are well-known stress reactions to noise (Westman & Walters 1981). On a long-term level, the chronic imbalance between demands due to noise and coping abilities may trigger the risk of health problems, in particular cardiovascular diseases including hypertension, coronary heart disease, and myocardical infarction (Babisch 2006; Babisch & van Kamp 2009; van Kempen et al. 2002).

The effects of environmental noise are co-determined by personal (e.g. noise sensitivity, age), attitudinal (e.g. attitudes toward the source, misfeasance, perceived fairness of noise management), and situational factors (house insulation, window position length of exposure) (Fields 1993; Guski 1999; Maris 2008). These non-acoustical factors are assumed to affect the perceived control and the ability to cope with noise, and, finally may contribute to further stress-related health effects (Hatfield et al. 2001). The NORAH study aims to improve the understanding of these causal paths. It includes longitudinal elements in terms of prospective panel studies as well as a retrospective case-control study combined with an analysis of insurance data linked with data on transportation noise of previous years.

The impact of noise gets even more complex when a change in noise exposure emerges as it is the case at Frankfurt Airport with regard to the upcoming airport expansion. After the opening of the new runway, the number of operations increases stepwise from current capacity of 83 to 120 flight movements per hour estimated for the year 2020. Besides changes in the number of flyovers, the airport expansion includes the relocation of flight paths and the implementation of active noise control measures (optimized approach and departure procedures) in order to minimize the aversive effects of aircraft noise. It is well known that reactions to changes in noise

exposure, in particular noise annoyance, cannot be predicted by exposure-response functions obtained under steady-state conditions (Brown & van Kamp 2009). Often an excess in noise responses relative to those under steady-state conditions is reported (change effect). However, because within the context of the airport expansion multiple changes occur, partly with contradictory effects on noise exposure, it is almost impossible to formulate any hypothesis on the extent of any change effect or adaptation process in noise reactions of residents living in the vicinity of Frankfurt Airport.

Concerning noise effects on children, in several studies noise-related impairments of HQoL and cognitive performance were found (Haines et al. 2001; Hygge et al. 2002; Stansfeld et al. 2005). It is assumed that underlying basic linguistic functions (phonological awareness and working memory) and speech perception are affected by noise, leading to impairments in reading performance (Klatte et al. 2010). In this study, it is intended to follow up on the West-London study (Haines et al. 2001), the RANCH study (Stansfeld et al. 2005; Clark et al. 2006), and the Munich Airport study (Hygge et al. 2002) and to assess the effects of aircraft noise on reading skills, episodic memory, and attention.

In the Munich Airport study it was found that changes in aircraft noise (closing of the old airport Munich-Riem, opening of the new Munich FJ-Strauss Airport) had not only an impact on children's responses to aircraft noise but also on judgments of other not aircraft noise-related aspects of the environmental quality of life (EQoL) (Meis 1998). With regard to HQoL in children, only a few studies exist, with inconsistent findings (e.g. van Kempen et al. 2010; Bullinger et al. 1999). To get more insight into the relationship between transportation (in this study: in particular aircraft) noise exposure, cognitive performance and HQoL as well as EQoL in children, all these possible outcomes of noise will be assessed within the NORAH study.

## METHODS

NORAH includes three main work packages with altogether 11 longitudinal, case-control and cross-sectional sub-studies (see overview in Table 1).

**Table 1:** Work packages and sub-studies of the NORAH study

WP	Sub-study		Source (primary, secondary)	Study type	N	Year		
						2011	2012	2013
WP1 Annoyance & HQoL	1.1	Rhine-Main Panel	<b>air</b> , road, rail	LS	7,000	X	X	X
	1.2	BBI Panel	<b>air</b> , road, rail	LS	5,000		X	X
	1.3	Steady-state 1	<b>air</b> , road, rail	CSS	2,500			X
	1.4	Steady-state 2	<b>air</b> , road, rail	CSS	2,500			X
	1.5	Rhine-Main road	air, <b>road</b> , rail	CSS	2,800		X	
	1.6	Rhine-Main rail/road	air, road, <b>rail</b>	CSS	3,200		X	
	1.7	Rhine-Main combi	<b>air-road; air-rail</b>	CSS	2x 1,200		X	
WP2 Health effects	2.1	Second. analys. & case-control	<b>air, road, rail</b>	CCS	~ 2 Mio / 24'000		X	
	2.2	Blood pressure	<b>air</b> , road, rail	LS	2,000		X	X
	2.3	Sleep quality	<b>air</b> , road, rail	LS	40 to ~400 EEG-ECG	EEG	ECG+ Acti	ECG+ Acti
WP3 Children	3.1	Cognition perform. & HQoL	<b>air</b> , road, rail	CSS	1,000		X	

LS = longitudinal study; CSS = cross-sectional study; CCS= case-control study

## **WP1: Annoyance and HQoL**

WP1 includes longitudinal and cross-sectional telephone surveys on the effects of transportation noise on annoyance, disturbances and HQoL, in addition with reported diagnosed health diseases and sleep quality. For the address of each participant the source specific exposure to aircraft, railway, and road traffic noise will be calculated on the basis of a detailed acoustic source and propagation model. The study population at each investigated airport includes all residents living within the 40 dB(A) envelope contour of the equivalent sound levels of aircraft noise for day and nighttime.

The main sub-study of WP1 is the **panel survey in the Rhine-Main area** around Frankfurt Airport. It focuses on the effects of aircraft noise before and after the opening of the new runway (Oct. 2011). Residential areas within the study area will be selected with aircraft noise as the predominant noise source and rail and road traffic as secondary sources. Initially, three annually repeated measurements are planned to study the development of noise reactions and possible adaptation to the changes in aircraft noise exposure. The first measurement takes place before the opening of the 4<sup>th</sup> runway, the second measurement 12 months, and the third measurement 24 months after the opening. A stratified random sampling procedure with aircraft noise exposure ( $L_{Aeq}$ ) as strata will be applied. Based on a power analysis and accounting for drop outs an initial sample size of 7,000 participants is intended for the first measurement. In the following years, the panel sample will be restocked to 5,000 participants for each measurement. This allows controlling for bias effects due to repeated measurements. The questionnaire for the telephone interviews includes questions on annoyance and disturbances due to aircraft, road and railway noise, health-related quality of life, diagnosed health diseases, coping to noise, noise sensitivity, attitudes towards the sources, and authorities, the perceived fairness of the procedure or the air traffic (noise) management, housing condition, insulation, etc., and socio-demographic characteristics.

**Comparative studies will be done at three other airports.** One airport, which is also in a change situation (expansion from a regional airport to an international airport), is Berlin Brandenburg International (BBI) with an expected opening in summer 2012. This airport is chosen for a comparative study in order to replicate temporal trends in noise annoyance or any change-effect in annoyance found at Frankfurt Airport at an airport in another stage of planning and extent of expansion. Two other – not yet nominated – German airports under steady-state condition will be included for further comparison. At BBI Airport two repeated measurements will be done in 2012 and 2013 before and after the opening of the expanded airport (initial sample size:  $n = 5,000$ ). At the other two airports, cross-sectional surveys will be carried out in 2013 with a sample of about 2,500 participants at each airport.

Whereas in the panel study the focus is on aircraft noise, in the same study area residential zones with either predominant road or railway noise, respectively, will be selected for two **cross-sectional studies on the effects of railway as well as road traffic noise**. The aim of these studies in addition to the panel study is to get source-specific exposition-response curves for annoyance and disturbances for all three modes of transportation. Altogether 6,800 participants are targeted for both cross-sectional studies on railway and road traffic noise. The last sub-study in WP1 is on the **effects of combined noise from different transportation noise sources** (aircraft combined with either railway or road traffic noise). For this, the data of the previous mentioned sub-studies in the Rhine-Main area will be supplemented by data

from areas of the same study region, where residents are exposed to two noise sources (air/road, air/railway) of similar noise levels. That is, altogether, the effects of combined noise will be analyzed against variations of the dominance and noise level of the different transportation noise sources.

In all sub-surveys adapted versions of the questionnaire for the Rhine-Main panel survey will be used.

## **WP2 Health effects**

WP2 studies health effects of transportation noise in more detail and includes an analysis of health insurance data of residents in the study area around Frankfurt Airport combined with a case-control study, a longitudinal study about effects of aircraft noise on blood pressure, and a longitudinal study about effects of nocturnal aircraft noise on sleep.

For the **analysis of health insurance data** ('claims data') of residents in the Rhine-Main area, data from statutory and private health insurance funds about ambulant and inpatient diagnoses of diseases as well as drug prescribing will be linked with address-related exposure to noise from aircraft, railway, and road traffic. It is expected, that claims data of about 2 Million insurants will be available for the period from 2000 to 2008/2009. The analysis will focus on identifying the relative risk of cardio-vascular health diseases, cancer, and depression for aircraft, railway, and road traffic noise. This analysis concept bases on a similar method used by Greiser and colleagues in the Cologne-Bonn Airport study (Greiser et al. 2007; Greiser & Greiser 2010). In this study the authors estimated the relative risk for health effects of aircraft noise in logistic regression models adjusted for road and railway noise exposure and several demographical and socio-economic confounders on an individual and aggregate level. Greiser and colleagues reported an association between nocturnal aircraft noise levels and cardio-vascular diseases, stroke and, for women, depression. However, information about confounders particularly important for cardio-vascular diseases, such as tobacco consumption, cholesterol level, blood pressure, physical training, body mass index (BMI), and diabetes was not available in the Cologne-Bonn Airport study due to using claims data alone. NORAH WP2 will **combine the analysis of insurance data with an analytic case-control study** focusing on myocardial infarction, cardiac insufficiency, and stroke. Incident cases and a control group without known cardio-vascular disease will be defined on the base of the insurance data. Power analyses revealed that for each disease entity 6,000 persons have to be investigated. Altogether, a minimum of 24,000 insurants (3x 6,000 cases, 1x 6,000 insurants for control) have to participate in the case-control study. The insurance companies will be asked to send questionnaires to the insurants identified as cases and controls. The questionnaire includes questions on social status, tobacco and alcohol consumption, BMI, history of residential living and occupation (last 10 years), life style, stress and life events, house insulation, sleep quality, HqoL, mental health, noise annoyance and sensibility, and attitudes towards the airport. For each insurant (either participants or non-participants of the additional case-control study) current as well as past address-related source specific exposure to aircraft, railway, road traffic noise will be calculated. A non-responder analysis will be performed in addition to the main analyses.

In addition to the secondary data analysis combined with the case-control study, long-term effects of aircraft noise on average blood pressure will be assessed by

means of a **blood pressure monitoring**. 2,000 participants (about 400 of them also take part in a study on sleep quality, see below) will be trained to assess their blood pressure in the morning and evening on 14 consecutive days in 2012. In addition, they fill in a questionnaire on HQoL and cardio-vascular risk factors. The same participants would repeat this measurement one year later in 2013. The 2,000 participants will be recruited as a sub-sample from the Rhine-Main panel sample of WP1.

The method of self-administered measurement of blood pressure was already used in a time-series study by Aydin & Kaltenbach (2007), carried out with 53 residents living in the vicinity of Frankfurt Airport. The authors found, firstly, that the self-administered measurement of blood pressure provides reliable data and, secondly, that the average blood pressure was associated with changes in aircraft noise due to the alteration of east/west mode of flight operation. In this sub-study of WP2 the aim is to analyze, whether blood pressure averaged over all measurements within one 14-day-period as well as the risk of cardio-vascular diseases in total is associated with aircraft noise exposure, road traffic and railway noise and whether the changes in the flight operations due to the airport expansion correspond with changes in the average blood pressure over time.

**The effects of nocturnal aircraft noise on sleep at Frankfurt Airport**, in particular aircraft noise-induced awakenings, will be assessed physiologically and by means of questionnaires within a longitudinal study with repeated measurements in 2011, 2012, and 2013. For this, the methods used in the study on the effects of nocturnal aircraft noise by the German Aerospace Center (DLR; Basner et al. 2004) will be adopted. The aim of this sub-study in WP2 is to monitor potential changes in the probability of awakening against the maximum sound level of nocturnal flyovers before and after the opening of the new runway. According to agreements between the airport and communities and the official approval of the expansion plan, it is expected that the number of night flights will be reduced if not banned between 11 p.m. and 5 a.m. after the opening of the 4<sup>th</sup> runway. As the total number of flights between 10 p.m. and 6 a.m. (German night period) will amount to about 150 movements (current agreement), the operation constraints between 11 p.m. and 5 a.m. implies an increase in flight movements in the evening and morning shoulder hours. It is expected that these operational changes will lead to an increase in awakenings and problems to fall asleep in the second round (first measurement after the runway opening). The purpose of the third measurement, 24 months after the opening of the new runway, is to find out whether residents in the long run will habituate to the new situation. A power analysis showed that polysomnographical measurements (PSG) of awakenings with 40 persons (minimum: 35) on several consecutive nights following a habituation night would be sufficient to establish an exposure-response curve for the probability of aircraft noise-induced awakenings. According to a re-analysis of laboratory data of the Nocturnal Aircraft Noise Effect study of DLR, there is evidence that EEG awakenings assessed with invasive and sumptuous PSG correspond with automatically detected cardiac activations (ECG), which is a non-invasive cheaper method compared to the PSG (Basner et al. 2008). However, it is still unclear whether the developed ECG-based algorithm for the automatic identification of cardiac activation is suitable for the study of noise effects on sleep in the field. Nevertheless, it is assumed that combining the ECG measurements with actigraphy for the measurement of body movements during sleep allows to reliably predict noise-induced EEG awakenings. This will be tested in the first measurement with 40 participants living in the vicinity of Frankfurt Airport. If the combination of ECG and actigraphy

turns out to be a reliable and sensitive method for the assessment of noise-induced awakenings, the study would continue with this method to estimate the effects of aircraft noise on sleep of about 200 to 400 participants in the second and third measurements. For each participant the nocturnal aircraft noise events will be measured and recorded at the ear of the sleeping person. As it is the case for the participants of the blood pressure monitoring the participants of the sleep study will be recruited as a sub-sample from the Rhine-Main panel sample of WP1.

### **WP3 Noise effects on children**

Following the study design of the RANCH study the children in the NORAH study will be sampled via primary schools within the Rhine-Main study region. A stratified random sampling procedure will be used to select the schools. Stratum is the aircraft noise exposure of the schools indicated by the equivalent sound level for daytime (five noise level classes between 40 and about 65 dB(A)). It is intended to draw a sample of about 1,000 pupils from 50 classes of 25 schools. The measurements will take place as group tests in the schools. They will include a reading test and, tests of non-verbal intelligence, verbal long-term memory, phonological processing, speech perception, and attention. In addition, the children fill in questionnaires on noise annoyance, perceived EQoL and HQoL, and on the social climate in the school class. A questionnaire, filled in by the parents, includes questions on the child's life situation and circumstances (school achievement, health, developmental disorders) and the assessment of the child's HQoL. Confounding factors such as socio-economic status and teaching methods are assessed via parents and teacher questionnaires. For the address of each school and the home address of each pupil the exposure to aircraft, road traffic, and railway noise (schools:  $L_{day}$  inside and outside; home:  $L_{day}$ ,  $L_{night}$  outside only) will be calculated.

### **CONCLUSIONS**

The NORAH study, a 3-years-monitoring program on transportation noise in the vicinity of Frankfurt Airport and – for comparison – at three other German Airports, started in April 2011. NORAH includes three work packages on noise annoyance, HQoL, cardio-vascular health diseases (including hypertension) of adults, and cognition and HQoL in children. As Frankfurt Airport is in a change situation (opening of a new runway, implementation of several measures of active noise control) the specific aim of NORAH is to study the aircraft noise effects over time (in relation to the effects of noise from road and railway noise) under change condition.

NORAH includes cross-sectional, case-control and longitudinal sub-studies with a wide range of methods for the assessment of the transportation noise effects in adults and children: Interviews, psychological tests, physiological measurements, and secondary data analysis combined with a case-control study. An interdisciplinary team including scientists of acoustics, environmental and social medicine, epidemiology, physics, psychology, and sociology has been formed to carry out this noise effect monitoring program.

### **ACKNOWLEDGEMENT**

The NORAH Study will be carried out from 2011 to 2014 by commission of the Environment & Community Center / Forum Airport & Region, Kelsterbach, Germany.

## REFERENCES

- Aydin Y, Kaltenbach M (2007). Noise perception, heart rate and blood pressure in relation to aircraft noise in the vicinity of Frankfurt airport. *Clin Res Cardiol* 96: 347–58.
- Babisch W (2006). Transportation noise and cardiovascular risk. Review and synthesis of epidemiological studies. Berlin, Dessau: Umweltbundesamt (Federal Environmental Agency).
- Babisch W, van Kamp I (2009). Exposure-response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension. *Noise & Health* 11: 161-168.
- Basner M, Buess H, Elmenhorst D et al. (2004). Effects of nocturnal aircraft noise. Vol 1: Executive summary. Report No. 2004-07/E. Cologne: German Aerospace Center.
- Basner M, Müller U, Elmenhorst EJ et al. (2008). Aircraft noise effects on sleep: a systematic comparison of EEG awakenings and automatically detected cardiac activations. *Physiol Meas* 29: 1089-1103.
- Brown AL, van Kamp I (2009). Response to a change in transport noise exposure: Competing explanations of change effects. *J Acoust Soc Am* 125: 905-914.
- Bullinger M, Hygge S, Evans G et al. (1999). The psychological cost of aircraft noise for children. *Zentralbl Hyg Umweltmed* 202: 127-138.
- Clark C, Martin R, van Kempen E et al. (2006). Exposure-related relations between aircraft and road traffic noise exposure at school and reading comprehension. *Am J Epidemiol* 163: 27-37.
- Fields JM (1993). Effect of personal and situational variables on noise annoyance in residential areas. *J Acoust Soc Am* 93: 2753-2763.
- Greiser E, Greiser C (2010). Risikofaktor nächtlicher Fluglärm. Abschlussbericht über eine Fall-Kontroll-Studie zu kardiovaskulären und psychischen Erkrankungen im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn (Risk factor nocturnal aircraft noise. Final report of a case-control study about cardio-vascular and mental health diseases in the vicinity of the airport Cologne-Bonn). Dessau, Germany: Federal Environmental Agency, Schriftenreihe Umwelt & Gesundheit, 01/2010. Available from: [http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql\\_medien.php?anfrage=Kennummer&Suchwort=3774](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennummer&Suchwort=3774), (18/05/2011).
- Greiser E, Greiser C, Janhsen K (2007). Night-time aircraft noise increases prevalence of prescriptions of antihypertensive and cardiovascular drugs irrespective social class – the Cologne-Bonn Airport study. *J Public Health* 15: 327-337.
- Guski R (1999). Personal and social variables as co-determinants of noise annoyance. *Noise & Health* 3: 45-56.
- Haines, M.; Stansfeld, S.; Brentnall, B. Head, J.; Berry, B.; Jiggins, M.; & Hygge, S. (2001). The West London Schools Study: the effects of chronic aircraft noise exposure on child health. *Psychological Medicine*, 31, 1385-1396.
- Hatfield J, Job RFS, Pelpoe P et al. (2001). The influence of psychological factors on the physiological and health effects of noise. *Noise & Health* 3: 1-14.
- Henry JP, Stephens PM (1977). Stress, health, and the social environment. New York: Springer.
- Hygge, S.; Evans, G., & Bullinger, M. (2002). A prospective study on some effects of aircraft noise on cognitive performance in school children. *Psychological Science*, 13(5), 469-474.
- Klatte M, Hellbrück J, Seidel J et al. (2010). Effects of classroom acoustics on performance and well-being in elementary school children: A field study. *Environ Behav* 42: 659-692.
- Lazarus RS, Launier R (1978). Stress-related transactions between person and environment. In: Pervin LA, Lewis M (eds.): *Perspectives in international psychology* (pp 287-327). New York: Plenum Press.
- Maris E (2008). The social side of noise annoyance. Doctoral thesis; Leiden: University Leiden.
- Meis M (1998). Zur Wirkung von Lärm auf das Gedächtnis: Explizite und implizite Erinnerungsleistungen fluglärmexponierter Kinder im Rahmen einer medizinspsychologischen Längsschnittstudie (Effects of noise on memory: explicit and implicit memory performance of children exposed to aircraft noise in a medical-psychological longitudinal study). Hamburg: Kovac.
- Schreckenber D, Meis M (2007). Noise annoyance around an international airport planned to be extended. In: *Proceedings of Inter-Noise*. Istanbul: Inter-Noise 28-31 August 2007, paper n° 387.
- Stallen PJM (1999). A theoretical framework for environmental noise annoyance. *Noise & Health* 3: 69-79.
- Stansfeld, S., Berglund, B.; Lopez-Barrio, I.; Fischer, P.; Öhrström, E.; Haines, M., Hygge, S.; van Kamp, I; Berry, B. (2005). Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. *Lancet*, 365, 1942-1949.

Tarnopolsky A, Barker SM, Wiggins RD et al. (1978). The effect of aircraft noise on the mental health of a community sample: a pilot study. *Psychol Med* 8: 219-233.

van Kamp I (1990). *Coping with noise and its health consequences*. Groningen: Styx & PP Publications.

van Kempen E, Kruize H, Boshuizen HC et al. (2002). The association between noise exposure and blood pressure and ischemic heart disease: A meta analysis. *Environ Health Perspect* 110: 307-317.

van Kempen E, van Kamp I, Nilsson M et al. (2010). The role of annoyance in the relation between transportation noise and children's health and cognition. *J Acoust Soc Am* 128: 2817-2828.

Westman JC, Walters JR (1981). Noise and stress: A comprehensive approach. *Environ Health Perspect* 41: 291-309.

WHO (2011). *Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.



## Anhang

Anhang 1: Fragebogen zur Breitenerhebung in der RDF-Studie

(vgl. Publikationsbeitrag I, Schreckenberg, Meis, Kahl, Peschel & Eikmann, 2010)

Anhang 2: Noise Sensitivity Questionnaire (NoiSeQ), verwendet in der RDF-Vertiefungsstudie

(vgl. Publikationsbeitrag II, Schreckenberg, Griefahn & Meis, 2010)

## **Anhang 1:**

### **Fragebogen zur Breitenerhebung in der RDF-Studie**



ID:

			.				-		
--	--	--	---	--	--	--	---	--	--

Interviewer-Nr.: \_\_\_\_\_

## **Befragung zu Wohn-, Umwelt- und gesundheitlichen Lebensbedingungen in der Region Rhein-Main**

**Guten Tag !**

**Mein Name ist ....., ich komme vom Sozialwissenschaftlichen Umfragezentrum, einem universitätsnahen Sozialforschungsinstitut in Duisburg. Wir führen eine Befragung zum Thema „Wohnen, Umwelt und gesundheitliche Lebensbedingungen“ in der Region Rhein-Main“ durch.**

**In den letzten Tagen müssen Sie einen Brief erhalten haben, der mein Erscheinen angekündigt hat. Ich würde mich freuen, wenn auch Sie daran teilnehmen würden.**

# 1 Themenblock: Wohnumgebung und -qualität

1.1 Können Sie mir sagen, wann Sie in Ihre jetzige Wohnung/Haus eingezogen sind?

\_\_\_\_ / \_\_\_\_  
MM JJJJ

1.2 Und wie lange wohnen Sie schon in diesem Wohngebiet, also in diesem Dorf oder in diesem Stadtteil?

Seit ... \_\_\_\_ / \_\_\_\_  
MM JJJJ

1.3 Stehen Ihnen hier Balkon, Terrasse oder ein Garten zur Verfügung und wenn ja, wie häufig nutzen Sie diese im Verlauf eines Jahres? Für die Nutzung innerhalb eines Jahres benutzen Sie bitte die Skala, die ich Ihnen jetzt vorlege.

**INT.: Vorlage 1 aushändigen und erläutern**

			INT.: falls vorhanden: Nutzung ...				
vorhanden			nie	selten	gelegentlich	oft	sehr oft
Balkon	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub> Ja	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub> Nein	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Terrasse	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub> Ja	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub> Nein	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Garten	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub> Ja	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub> Nein	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Wintergarten	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub> Ja	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub> Nein	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>

1.4 Gibt es etwas, was Sie an der Nutzung von Balkon, Terrasse, Garten oder Wintergarten hindert?

Nein ☐ <sub>0</sub>

Ja, und zwar: ☐ <sub>1</sub>

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**1.5 Gibt es hier in Ihrer Wohnumgebung irgendwelche Lebensbedingungen, die Sie stören?**

Nein **→ INT.: weiter mit Frage 1.6**

☐ 0

Ja

☐ 1

**1.5.1 Welche Lebensbedingungen sind das?**

---

---

---

**1.6 Ist Ihre Wohnung bzw. Ihr Haus Ihr Eigentum oder wohnen Sie zur Miete?**

**INT.: falls Befragte/r bei Eltern oder in Wohngemeinschaft lebend: Angaben für elterliche Wohnung bzw. Wohngemeinschaft**

Eigentum

☐ 1

Miete

☐ 2

Wie viele Quadratmeter bewohnen Sie insgesamt hier ? m<sup>2</sup>

=====

**INT.: Komplett, auch mit Küche und Bad**

Wie viele Zimmer bewohnen Sie?

Zimmer

=====

**1.7 Welche Fenster hat Ihr Wohnraum und welche Ihr Schlafraum?**

**INT.: falls unbekannt: Befragten bitten nachzuschauen**

	einfache Fensterscheiben	Doppelverglasung (Thermopen) oder Doppelfenster	Dreifachverglasung (Schallschutz- fenster)
Wohnraum	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
Schlafraum	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3

### 1.8 Wie ist das bei Ihnen üblicherweise in den warmen Jahreszeiten mit dem Fenster?

**INT.: „warme Jahreszeiten“: Frühjahr – Sommer - Herbst**

	überwiegend geöffnet	...oder überwiegend gekippt	...oder überwiegend geschlossen
Haben Sie die Fenster in Ihren Wohnräumen tagsüber üblicherweise ...	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
Haben Sie die Fenster in Ihren Schlafräumen nachts...	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3

### 1.9 Wie viele Stunden pro Tag sind Sie in etwa an normalen Werktagen außer Haus, z.B. beim Arbeiten, Einkaufen, oder für sonstige Erledigungen?

ca. \_\_\_\_\_ Stunden pro Tag

### 1.10 Zu welcher Zeit sind Sie in der Woche, also von montags bis freitags, überwiegend zu Hause?

**INT: Mehrfachangaben möglich**

- |  |  |
|--|--|
| Früh morgens bis 9 Uhr <input type="checkbox"/> 1    | Abends von 18 bis 22 Uhr <input type="checkbox"/> 5        |
| Morgens 9 bis 12 Uhr <input type="checkbox"/> 2      | Nachts von 22 bis 6 Uhr morgens <input type="checkbox"/> 6 |
| Mittags 12 bis 15 Uhr <input type="checkbox"/> 3     | eigentlich ständig <input type="checkbox"/> 7              |
| Nachmittags 15 bis 18 Uhr <input type="checkbox"/> 4 |  |

### 1.11 Und wie viele Stunden sind Sie insgesamt in etwa an einem normalen Wochenende; also Samstag und Sonntag, außer Haus?

Stunden pro Wochenende: \_\_\_\_\_

### 1.12 Zu welcher Zeit sind sie am Wochenende überwiegend zu Hause?

**INT: Mehrfachangaben möglich**

- |  |   |
|--|---|
| Früh morgens bis 9 Uhr <input type="checkbox"/> 1    | von 18 bis 22 Uhr <input type="checkbox"/> 5        |
| Morgens 9 bis 12 Uhr <input type="checkbox"/> 2      | von 22 bis 6 Uhr morgens <input type="checkbox"/> 6 |
| Mittags 12 bis 15 Uhr <input type="checkbox"/> 3     | eigentlich ständig <input type="checkbox"/> 7       |
| Nachmittags 15 bis 18 Uhr <input type="checkbox"/> 4 |   |

**1.13 Ich möchte Sie nun fragen, wie zufrieden Sie mit Ihrer Wohnung und Ihrer Wohngegend sind.**

**INT.: Vorlage 2 aushändigen**

	nicht zufrieden	weniger zufrieden	mittel- mäßig zufrieden	ziemlich zufrieden	sehr zufrieden
Zunächst,...wie zufrieden sind Sie insgesamt mit Ihrer Wohnung bzw. mit Ihrem Haus?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Und wie zufrieden sind Sie insgesamt mit Ihrer Wohngegend hier bzw. Ihrer näheren Wohnumgebung?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

**1.14 Im Folgenden finden Sie Eigenschaften, die für das Wohnen wichtig sind. Wie zufrieden sind Sie damit bei Ihnen zu Hause?**

**INT.: Vorlage 2 weiterhin verwenden**

	nicht zufrieden	weniger zufrieden	mittel- mäßig zufrieden	ziemlich zufrieden	sehr zufrieden
äußeres Erscheinungsbild der Wohngegend	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Ruhe in der Wohngegend	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Distanz zum Arbeitsplatz	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Distanz zum Stadtzentrum	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
öffentliche Verkehrsmittel	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Einkaufsmöglichkeiten	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Schulmöglichkeiten für Kinder	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Vergnügungs- / Unterhaltungsmöglichkeiten	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Erholungs- / Entspannungsmöglichkeiten	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Nachbarn	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Ausstattung der Wohnung / des Hauses	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Schalldämmung der (geschlossenen) Fenster	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Schalldämmung der Wohnung / des Hauses	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Überregionale Verkehrsanbindung	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

**1.15 Wie stark sind Sie persönlich in Ihrer Wohngegend durch folgende Sozial- und Umweltprobleme betroffen?**

**INT.: Vorlage 3 aushändigen**

	gar nicht	schwach	deutlich	stark	sehr stark
	... betroffen				
Schlechte Verkehrsanbindung	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Luftverschmutzung	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Straßenverkehrslärm	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Arbeitslosigkeit	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Schlechte Gerüche	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Schlechte Qualität des Trinkwassers	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Atomkraftwerke	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Unfallgefahr im Straßenverkehr	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Kriminalität/ Gewaltverbrechen	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Überalterung der Bevölkerung	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Fluglärm	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Umweltgefährdung durch Schadstoffe im Boden und Lebensmitteln	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Nachbarschaftslärm	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Eisenbahnlärm	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Wenig Grünflächen (z.B. Wald, Park)	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Unfreundliche Nachbarn	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Schlechte Wirtschaftslage	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Hohe Bevölkerungsdichte	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Wenig Spielplätze für Kinder	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Schadstoffe durch Autos	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Industrieansiedlungen	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Hohes Verkehrsaufkommen	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Schadstoffe durch Flugzeuge	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5



## 2 Themenblock: Lärmbelästigung und –störung

### 2.1 Für wie empfindlich halten Sie sich selbst im Allgemeinen ...

**INT.: Vorlage 4 aushändigen**

	nicht	wenig	mittel- mäßig	ziemlich	sehr
			... empfindlich		
gegenüber Lärm?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
gegenüber schlechter Luft und Gerüchen?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

### 2.2 Gibt es Zeiten, zu denen Ihnen Ruhe zu Hause besonders wichtig ist?

**INT.: Mehrfachangaben möglich**

---



---



---

### 2.3 Wenn Sie einmal an die letzten 12 Monate hier bei Ihnen denken, wie stark haben Sie sich – alles in allem genommen – durch Lärm insgesamt gestört oder belästigt gefühlt?

**INT.: Vorlage 5 aushändigen (verbleibt für folgende Fragen beim Befragten)**

äußerst	stark	mittel- mäßig	etwas	überhaupt nicht
<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1

**2.4 Unabhängig davon, wie stark man sich insgesamt belästigt fühlt, betrachten wir doch mal einzelne Lärmquellen für sich. Wenn Sie einmal an die letzten 12 Monate hier bei Ihnen denken, wie stark haben Sie sich durch den Lärm von folgenden Lärmquellen insgesamt gestört oder belästigt gefühlt?**

**INT.: Vorlage 5 weiterhin verwenden**

	äußerst	stark	mittel- mäßig	etwas	über- haupt nicht
durch Lärm vom Straßenverkehr	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1
durch Lärm vom Schienenverkehr	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1
durch Lärm vom Flugverkehr	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1
durch Lärm von Gewerbe und Industrie	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1
durch Lärm von Nachbarn	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1
durch Lärm von Sport- und Freizeitanlagen	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1

**2.5 Gibt es noch eine weitere Lärmquelle, die wir noch nicht genannt haben?**

Ja ☐ 1  
 Nein → **INT.: weiter mit Frage 2.8** ☐ 0

**2.6 Nennen Sie mir bitte diese Quelle:** \_\_\_\_\_

**2.7 Und wie stark haben Sie sich durch Lärm dieser Quelle gestört oder belästigt gefühlt? INT.: Vorlage 5 erneut verwenden**

**INT.:  
in 2.6 genannte Quelle eintragen ↓**

	äußerst	stark	mittel- mäßig	etwas	über- haupt nicht
_____	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1

**2.8 Wie stark haben Sie sich in den letzten 12 Monaten durch Lärm von folgenden Flugzeugtypen gestört oder belastigt gefühlt? Sie können für Ihre Antwort erneut die vorliegende Skala verwenden.**

	äußerst	stark	mittel- mäßig	etwas	überhaupt nicht
Passagierflugzeuge	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1
Transportflugzeuge	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1
Privatflugzeuge	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1
Militärflugzeuge	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1
Hubschrauber	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1
Differenzierung nicht möglich	<input type="checkbox"/> 9				

**2.9 Zu welchen Tageszeiten werden Sie durch Fluglärm besonders stark belastigt?**

**INT.: mehrere Angaben möglich, bitte nur volle Stunden angeben**

---



---

**2.10 Wenn wir uns die verschiedenen Uhrzeiten genauer anschauen, können Sie mir bitte hier auf dieser Liste angeben, wie stark Sie sich innerhalb der letzten 12 Monate im Allgemeinen zu der angegebenen Uhrzeit jeweils durch Fluglärm gestört oder belastigt gefühlt haben?**

**Bitte bewerten Sie die Werktage und das Wochenende getrennt!**

**INT.: weiterhin vorliegende Skala 5 verwenden; für jede Stunde einen Belästigungswert eingeben**

1. morgens	Mo-Fr	Sa-So	2. vor- mittags	Mo-Fr	Sa-So	3. mittags	Mo-Fr	Sa-So
5-6 Uhr	<input type="text"/>	<input type="text"/>	8-9 Uhr	<input type="text"/>	<input type="text"/>	11-12 Uhr	<input type="text"/>	<input type="text"/>
6-7 Uhr	<input type="text"/>	<input type="text"/>	9-10 Uhr	<input type="text"/>	<input type="text"/>	12-13 Uhr	<input type="text"/>	<input type="text"/>
7-8 Uhr	<input type="text"/>	<input type="text"/>	10-11 Uhr	<input type="text"/>	<input type="text"/>	13-14 Uhr	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4. nach- mittags	<input type="text"/>	<input type="text"/>	5. früher Abend	<input type="text"/>	<input type="text"/>	6. abends	<input type="text"/>	<input type="text"/>
14-15 Uhr	<input type="text"/>	<input type="text"/>	17-18 Uhr	<input type="text"/>	<input type="text"/>	20-21 Uhr	<input type="text"/>	<input type="text"/>
15-16 Uhr	<input type="text"/>	<input type="text"/>	18-19 Uhr	<input type="text"/>	<input type="text"/>	21-22 Uhr	<input type="text"/>	<input type="text"/>
16-17 Uhr	<input type="text"/>	<input type="text"/>	19-20 Uhr	<input type="text"/>	<input type="text"/>	22-23 Uhr	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**2.11: Und wie ist es in der Nacht? Wie stark hat Sie der Fluglärm in den letzten 12 Monaten nachts gestört oder belästigt?**

**INT.: Vorlage 5 weiterhin verwenden**

.... äußerst gestört oder belästigt	<input type="checkbox"/> 5
.... stark gestört oder belästigt	<input type="checkbox"/> 4
.... mittelmäßig gestört oder belästigt	<input type="checkbox"/> 3
.... etwas gestört oder belästigt	<input type="checkbox"/> 2
.... überhaupt nicht gestört oder belästigt	<input type="checkbox"/> 1

**2.12 Wie stark hat Sie der Fluglärm in den letzten 12 Monaten in den folgenden Situationen gestört?**

**INT.: Vorlage 5 erneut verwenden**

	äußerst	stark	mittel- mäßig	etwas	über- haupt nicht
Unterhaltung/Telefonieren in der Wohnung	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1
bei Radio/Musikhören und Fernsehen	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1
beim Lesen, Nachdenken oder Konzentrieren	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1
bei Entspannung und Feierabendruhe in der Wohnung	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1
bei häuslicher Geselligkeit oder, wenn Sie Besuch haben	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1
bei Unterhaltungen und Gesprächen im Freien	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1
bei Aufenthalt und Erholung im Freien	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1
beim Einschlafen	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1
beim Nachtschlaf	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1
beim Aufwachen	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1

**2.13** Nun habe ich hier eine Messlatte von Null bis Zehn, auf der Sie angeben können, wie sehr Sie der Fluglärm gestört oder belästigt hat. Wenn Sie sich äußerst gestört oder belästigt fühlen, wählen Sie die Zehn, wenn Sie sich überhaupt nicht gestört oder belästigt fühlen, geben Sie die Null an, und wenn Sie irgendwo dazwischen liegen, wählen Sie bitte eine Zahl zwischen Null und Zehn. Wenn Sie nun noch einmal an die letzten 12 Monate hier bei Ihnen denken, welche Zahl zwischen Null und Zehn gibt am besten an, wie stark Sie sich durch den Fluglärm insgesamt gestört oder belästigt fühlten?

**INT.: Vorlage 6 vorlegen und den Probanden mit dem Finger den Wert anzeigen lassen, wo er/sie das Kreuz setzen würde, dann in den Fragebogen übertragen**

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
überhaupt nicht												äußerst

### 3 Themenblock: Lärm und Verhalten/Coping und Information

**3.1** Im Folgenden finden Sie Beispiele auf Fluglärm zu reagieren, .....

**INT.: Vorlage 7 aushändigen**

	nie	selten	gelegentlich	oft	sehr oft
wie oft sprechen Sie wegen des Lärms lauter?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
wie oft verlegen Sie die jeweilige Tätigkeit auf eine ruhigere Zeit?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
wie oft ziehen Sie sich in einen ruhigeren Raum zurück?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
wie oft verstopfen Sie sich die Ohren? (z.B. mit Oropax, Ohrstöpseln)	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
wie oft nehmen Sie Beruhigungs- oder Schlafmittel?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
wie oft stellen Sie wegen des Lärms den Fernseher oder das Radio lauter?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
wie oft halten Sie Fenster für die Dauer der Störung geschlossen?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
wie oft verzichten Sie auf die Benutzung von Balkon, Garten oder Terrasse?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>

**3.2 Insgesamt in einer solchen Situation, wenn ein Flugzeug kommt, während Sie sich mit jemandem unterhalten, wie oft tun Sie das folgende?**

**INT.: Vorlage 7 weiterhin verwenden**

	nie	selten	gelegentlich	oft	sehr oft
Ich ignoriere den Lärm.	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Ich schließe das Fenster.	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Ich rücke näher an meinen Gesprächspartner heran.	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Ich werde nervös wegen des Lärms.	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Ich reagiere gereizt wegen des Lärms.	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Ich ärgere mich über den Lärm.	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Ich bekomme schlechte Laune.	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Ich breche das Gespräch ab.	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Ich spreche lauter oder schreie	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
anderes, und zwar <b>INT: Stichworte angeben</b>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>

**3.3 Durch folgende Möglichkeiten kann gegen die Beeinträchtigung durch Lärm aktiv vorgegangen werden.**

Haben Sie wegen des Lärms .....	Ja	Nein
....Doppelfenster bzw. Thermopenfenster eingebaut, d.h. haben Sie selbst und nicht der Vermieter oder eine andere Person Doppelfenster bzw. Thermopenfenster eingebaut?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
....Räume verlegt (z.B. Schlafzimmer in einen ruhigeren Raum verlegt)?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
....eine Protestliste oder ähnliches unterschrieben?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
....eine zuständige Stelle angerufen oder einen Beschwerdebrief geschrieben?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
...das CASA-Programm in Anspruch genommen?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
<b>INT.: nur auf Rückfrage: CASA-Programm: Angebot zu Rückkauf oder Wertausgleich bei Immobilien mit Überflughöhe von weniger als 350 Metern</b>		
...das „Passiver Schallschutz-Programm“ der Fraport in Anspruch genommen?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
....einen Umzug in Betracht gezogen?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
Sind Sie wegen des Lärms umgezogen?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>

### 3.4 Haben Sie wegen des Lärms noch etwas anderes unternommen?

Nein ☐ 0

Ja, und zwar: ☐ 1 \_\_\_\_\_

### 3.5 Wer sollte sich Ihrer Meinung nach am ehesten um Fluglärminderung hier bei Ihnen bemühen, und wie sehr?

**INT.: Vorlage 8 aushändigen**

	nicht	wenig	mittel- mäßig	ziem- lich	sehr
die Industriebetriebe am Flughafen	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
die Flugzeughersteller	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
die Fluglinien / Fluggesellschaften	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
die Flughafenbetreiber (Fraport AG)	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
die kommunalen Behörden	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
das Regionale Dialogforum (RDF)	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
das Land Hessen	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
der Fluglärmschutzbeauftragte	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
sonstige Verantwortliche, und zwar: _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

### 3.6 Und wie sehr bemühen sich diese Stellen Ihrer Ansicht nach tatsächlich?

**INT.: Vorlage 8 weiterhin verwenden**

	nicht	wenig	mittel- mäßig	ziem- lich	sehr
die Industriebetriebe am Flughafen	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
die Flugzeughersteller	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
die Fluglinien / Fluggesellschaften	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
die Flughafenbetreiber (Fraport AG)	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
die kommunalen Behörden	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
das Regionale Dialogforum (RDF)	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
das Land Hessen	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
der Fluglärmschutzbeauftragte	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
sonstige Verantwortliche, und zwar: _____	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

## 4 Themenblock: Beeinträchtigungen durch Flugverkehr

4.1 Es geht jetzt um Aussagen zu Folgen und möglichen Beeinträchtigungen durch den Flugverkehr hier bei Ihnen. Bitte sagen Sie mir, inwieweit Sie sich bei Ihnen zu Hause aus den nachfolgenden Gründen durch den Flugverkehr bedroht fühlen.

**INT.: Vorlage 9 aushändigen**

Insgesamt fühle ich mich durch den Flugverkehr bei mir zu Hause ...	nicht	we- nig	mittel- mäßig	ziemlich	sehr
... bedroht					
wegen der Beeinträchtigung meines Gehörs durch den Fluglärm	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1
wegen der Gefahr eines Flugzeugabsturzes	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1
wegen der geringen Überflughöhen	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1
wegen der Beeinträchtigung meiner Gesundheit durch das Kerosin der Flugzeuge	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1
wegen der Beeinträchtigung meiner Gesundheit durch Fluglärmstress (Herzinfarkt etc.)	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1
wegen des Wertverlustes meiner Wohnung / meines Hauses	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1
wegen Sonstigem und zwar:	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1



## 5 Themenblock: Gesundheitsbezogene Lebensqualität

### 5.1 Allgemeiner Gesundheitszustand

In diesen Fragen geht es um Ihre Beurteilung Ihres Gesundheitszustandes. Die Fragen ermöglichen es, im Zeitverlauf nachzuvollziehen, wie Sie sich fühlen und wie Sie im Alltag zurechtkommen. Die ersten Fragen betreffen Ihre derzeitige Gesundheit und Ihre täglichen Aktivitäten. Bitte versuchen Sie jede der Fragen so genau wie möglich zu beantworten.

Ich werde Ihnen jede Frage und die dazu gehörigen Antwortmöglichkeiten vorlesen. Bitte nennen Sie mir dann die auf Sie zutreffende Antwort.

#### 5.1.1 Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben

**INT.: nur eine Angabe**

☐ 1 ausgezeichnet    ☐ 2 sehr gut    ☐ 3 gut    ☐ 4 weniger gut    ☐ 5 schlecht

5.1.2 Ich werde Ihnen nun eine Reihe von Tätigkeiten vorlesen, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben. Bitte sagen Sie mir, ob Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten stark eingeschränkt, etwas eingeschränkt oder überhaupt nicht eingeschränkt sind.

**INT.: Falls Beantwortung allgemein mit ja, zunächst nachfragen, im Zweifel mit 1 codieren**

Tätigkeiten	Ja, stark einge- schränkt	Ja, etwas einge- schränkt	Nein, über- haupt nicht einge- schränkt
1. ...mittelschwere Tätigkeiten, z.B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, kegeln, Golf spielen. Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten stark eingeschränkt, etwas eingeschränkt oder überhaupt nicht eingeschränkt?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
2. ...mehrere Treppenabsätze steigen. Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten stark eingeschränkt, etwas eingeschränkt oder überhaupt nicht eingeschränkt?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3

<b>5.1.3</b>	<b>Die folgenden Fragen beschäftigen sich mit Ihrer körperlichen Gesundheit und Ihren Schwierigkeiten bei der Arbeit oder bei anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause.</b>	Ja	Nein
1.	In den vergangenen 4 Wochen, haben Sie weniger geschafft als Sie wollten wegen Ihrer körperlichen Gesundheit	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2
2.	In den vergangenen 4 Wochen, konnten Sie nur bestimmte Dinge tun wegen Ihrer körperlichen Gesundheit?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2

<b>5.1.4</b>	<b>Die folgenden Fragen beschäftigen sich mit Ihren seelischen Problemen und Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause.</b>	Ja	Nein
1.	In den vergangenen 4 Wochen, haben Sie weniger geschafft als Sie wollten wegen seelischer Probleme, z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2
2.	In den vergangenen 4 Wochen, konnten Sie nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten wegen seelischer Probleme, z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2

<b>5.1.5</b>	<b>Inwieweit haben Schmerzen Sie in den vergangenen 4 Wochen bei der Ausübung Ihrer Alltagstätigkeiten zu Hause und im Beruf behindert?</b>				
	<input type="checkbox"/> 1 überhaupt nicht	<input type="checkbox"/> 2 etwas	<input type="checkbox"/> 3 mäßig	<input type="checkbox"/> 4 ziemlich	<input type="checkbox"/> 5 sehr

**5.1.6 Bei den folgenden Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den vergangenen 4 Wochen gegangen ist. Bitte geben Sie mir zu jeder Frage die Antwort, die Ihrem Befinden am besten entspricht.**

**INT.: Vorlage 10 aushändigen**

	immer	mei- stens	ziem- lich oft	manch- mal	selten	nie
Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen voller Schwung?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>
Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen sehr nervös?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>
Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen so niedergeschlagen, dass Sie nichts aufheitern konnte?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>
Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen ruhig und gelassen?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>
Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen voller Energie?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>
Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen entmutigt und traurig?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>
Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen erschöpft?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>
Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen glücklich?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>
Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen müde?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>

**5.1.7 Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre normalen Kontakte zu anderen Menschen (Besuche bei Freunden, Verwandten usw.) beeinträchtigt?**

☐<sub>1</sub> immer      ☐<sub>2</sub> meistens      ☐<sub>3</sub> manchmal      ☐<sub>4</sub> selten      ☐<sub>5</sub> nie

**5.2 Im Folgenden geht es um Ihre Lebenszufriedenheit. Bitte sagen mir für jeden Punkt/ Bereich, wie wichtig er für Ihr Wohlbefinden ist und wie zufrieden Sie derzeit damit sind. Denken Sie bitte an die letzten 4 Wochen!**

**INT.: Vorlage 11 aushändigen und erläutern**

	nicht wichtig	etwas wichtig	ziemlich wichtig	sehr wichtig	extrem wichtig		unzufrieden	eher unzufrieden	eher zufrieden	ziemlich zufrieden	sehr zufrieden
Freunde/Bekannte	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5		<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Freizeitgestaltung/Hobbies	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5		<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Gesundheit	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5		<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Einkommen/finanzielle Sicherheit	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5		<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Beruf/ Arbeit	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5		<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Wohnsituation	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5		<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Familienleben/Kinder	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5		<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Partnerschaft/Sexualität	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5		<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Umweltbedingungen: allgemein	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5		<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Umweltbedingungen: Fluglärm	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5		<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

**5.3 Fühlen Sie sich momentan durch ein außerordentliches Ereignis (z.B. Katastrophe, schwerer Unfall, Trauma, schwere Krankheit oder Todesfall) belastet?**

Nein **→ INT.: weiter mit Frage 5.4** ☐ 0

Ja, und zwar: ☐ 1

**5.3.1 Falls Ja, was war das für ein Ereignis?**

---

**INT.: Bei mehreren Ereignissen: das jeweils schwerste Ereignis auch nachfolgend notieren!)**

**5.3.2 Falls Ja, in welchem Jahr war dieses Ereignis?** \_\_\_\_\_

**5.4 Hatten Sie jemals eines oder mehrere der folgenden Gesundheitsprobleme? Falls Ja, traten diese Probleme auch in den letzten 12 Monaten auf? Bitte denken Sie bei der Beantwortung auch daran, ob ein Arzt eines der folgenden Gesundheitsprobleme bei Ihnen diagnostizierte!**

Krankheiten	Jemals		Falls Ja, auch in den letzten 12 Monaten?
	Nein	Ja	
1. Heuschnupfen	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
2. Asthma	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
3. Chronische Bronchitis/ Lungenerkrankung	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
4. Chronische Magen- oder Darmerkrankung	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
5. Arthritis, Rheuma	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
6. Rückenschmerzen, Ischias	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
7. Sehstörungen, Blindheit	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
8. Chronische Hauterkrankung	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
9. Schwerhörigkeit, Taubheit	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
10. Körperliche Behinderung (Arme, Beine)	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
11. Chronische Erkrankung/ Niere, Blase	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
12. Andere chronische Erkrankungen	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
13. Krebs	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
14. Bluthochdruck (Hypertonie)	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
15. Zuckerkrankheit (Diabetes)	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
16. Herzinsuffizienz	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
17. Angina pectoris	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
18. Herzinfarkt	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>

## 5.5 Gesundheit/ Beschwerden

### INT.: Vorlage 12 aushändigen

Wie stark fühlen Sie sich durch folgende Beschwerden belastigt?	nicht	kaum	einiger- maßen	erheblich	stark
1. Schwächegefühl	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
2. Herzklopfen, Herzjagen, Herzstolpern	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
3. Druck- und Völlegefühl im Leibe	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
4. Übermäßiges Schlafbedürfnis	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
5. Gelenk- oder Gliederschmerzen	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
6. Schwindelgefühl	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
7. Kreuz- oder Rückenschmerzen	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
8. Nacken- und Schulterschmerzen	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
9. Erbrechen	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
10. Übelkeit	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
11. Kloßgefühl, Engigkeit oder Würgen im Hals	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
12. Aufstoßen	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
13. Sodbrennen oder saures Aufstoßen	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
14. Kopfschmerzen	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
15. Rasche Erschöpfbarkeit	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
16. Müdigkeit	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
17. Gefühl der Benommenheit	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
18. Schweregefühl oder Müdigkeit in den Beinen	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
19. Mattigkeit	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
20. Stiche, Schmerzen oder Ziehen in der Brust	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
21. Magenschmerzen	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
22. Anfallsweise Atemnot	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
23. Drückgefühl im Kopf	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
24. Anfallsweise Herzbeschwerden	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>

## 5.6 Welche Medikamente haben Sie während der letzten 12 Monate eingenommen?

**INT.: Vorlage 13 aushändigen**

Medikamente	nie	selten	1 bis 3mal monatl .	wenige r als 1mal wöchen tlich	1-2mal wöchen tlich	mehrm als wöchen tlich	täglich
1. blutdrucksenkende Mittel	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>
2. Herzmittel	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>
3. Migränemittel	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>
4. Schlafmittel	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>
5. stimmungs- beeinflussende Mittel	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>
6. Beruhigungsmittel	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>
7. Antiallergika	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>
8. Mittel für Lungen / Bronchien (z.B. Asthmamittel)	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>

**5.7 Die folgenden Fragen beziehen sich auf Ihre üblichen Schlafgewohnheiten, und zwar nur während der letzten vier Wochen. Ihre Antworten sollten möglichst genau sein und sich auf die Mehrzahl der Tage und Nächte während der letzten vier Wochen beziehen. Beantworten Sie bitte alle Fragen!**

<b>5.8.1</b>	<b>Wann sind Sie während der letzten vier Wochen gewöhnlich abends zu Bett gegangen?</b>	Übliche Uhrzeit: _____ Uhr
<b>5.8.2</b>	<b>Wie lange hat es während der letzten vier Wochen gewöhnlich gedauert, bis Sie nachts eingeschlafen sind?</b>	In Minuten: _____ Min.
<b>5.8.3</b>	<b>Wann sind Sie während der letzten vier Wochen gewöhnlich morgens aufgestanden?</b>	Übliche Uhrzeit: _____ Uhr
<b>5.8.4</b>	<b>Wie viele Stunden haben Sie während der letzten vier Wochen pro Nacht tatsächlich geschlafen? (Das muss nicht mit der Anzahl der Stunden, die Sie im Bett verbracht haben, übereinstimmen)</b>	Effektive Schlafzeit (Stunden/ Nacht): _____ Std.

**5.8.5 Wie oft haben Sie während der letzten vier Wochen schlecht geschlafen, ...**

**INT: Vorlage 13b aushändigen. „Bitte nennen Sie jeweils die zutreffende Ziffer“**

1.	... weil Sie nicht innerhalb von 30 Minuten einschlafen konnten?	_____
2.	... weil Sie mitten in der Nacht oder früh morgens aufgewacht sind?	_____
3.	... weil Sie aufstehen mussten, um zur Toilette zu gehen?	_____
4.	... weil Sie Beschwerden beim Atmen hatten?	_____
5.	... weil Sie husten mussten oder laut geschnarcht haben?	_____
6.	... weil Ihnen zu kalt war?	_____
7.	... weil Ihnen zu warm war?	_____
8.	... weil Sie schlecht geträumt hatten?	_____
9.	... weil Sie Schmerzen hatten?	_____
10.	... aus anderen Gründen?	<input type="checkbox"/> ,
<p>Falls ja, Bitte beschreiben:</p> <p>_____</p> <p>Und wie oft während des letzten Monats konnte Sie aus diesem Grund schlecht schlafen? → _____</p>		



**INT.: Wechselnde Antwortskalen für nachfolgende Fragen. Vorlage einziehen und jeweils zuerst alle Antwortvorgaben vorlesen, bevor Befragter antwortet!**

5.8.6	Wie würden Sie insgesamt die Qualität Ihres Schlafes während der letzten vier Wochen bewerten?	<input type="checkbox"/> 0 sehr gut <input type="checkbox"/> 1 ziemlich gut <input type="checkbox"/> 2 ziemlich schlecht <input type="checkbox"/> 3 sehr schlecht
5.8.7	Wie oft haben Sie während der letzten vier Wochen Schlafmittel eingenommen (vom Arzt verschriebene oder frei verkäufliche?)	<input type="checkbox"/> 0 Während der 4 Wochen gar nicht <input type="checkbox"/> 1 Weniger als einmal pro Woche <input type="checkbox"/> 2 Einmal oder zweimal pro Woche <input type="checkbox"/> 3 Dreimal oder häufiger pro Woche
5.8.8	Wie oft hatten Sie während der letzten vier Wochen Schwierigkeiten wachzubleiben, etwa beim Autofahren, beim Essen oder bei gesellschaftlichen Anlässen?	<input type="checkbox"/> 0 Während der 4 Wochen gar nicht <input type="checkbox"/> 1 Weniger als einmal pro Woche <input type="checkbox"/> 2 Einmal oder zweimal pro Woche <input type="checkbox"/> 3 Dreimal oder häufiger pro Woche
5.8.9	Hatten Sie während der letzten vier Wochen Probleme, mit genügend Schwung die üblichen Alltagsaufgaben zu erledigen?	<input type="checkbox"/> 0 Keine Probleme <input type="checkbox"/> 1 Kaum Probleme <input type="checkbox"/> 2 Etwas Probleme <input type="checkbox"/> 3 Große Probleme

## 6 Themenblock: „Change Effect“ bzw. Erwartungen

6.1 Wenn Sie einmal an die letzten drei Jahre denken: Hat es hier bei Ihnen eine Veränderung des Flugverkehrs gegeben? Ja ☐ 1

Nein ☐ 0

**→ Weiter mit 6.2**

6.1.2 Können Sie ungefähr noch sagen, wann das war? \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
MM JJ

**6.2 Und wie ist es mit dem Fluglärm: Haben Sie seitdem eine Änderung wahrgenommen?**

Ja, Fluglärm hat  
zugenommen

☐ 1

Ja, Fluglärm hat  
abgenommen

☐ 2

Nein

☐ 3

Weiß nicht

☐ 4

**6.3 Sie haben vermutlich mitbekommen, dass ein Ausbau des Flughafens geplant ist. Was meinen Sie: Wird Ihre Wohnsituation nach einem Ausbau des Flughafens alles in allem genommen annähernd gleichbleiben, sich verbessern oder sich verschlechtern?**

Verschlechtern

☐ 1

Gleichbleiben

☐ 2

Verbessern

☐ 3

Keine Angabe, kein Urteil möglich

☐ 4

**6.4 Was meinen Sie: Wie stark werden Sie sich hier zukünftig durch den Fluglärm belästigt fühlen, wenn die neue Landebahn erst einmal in Betrieb genommen worden ist: Werden Sie sich äußerst, stark, mittelmäßig, etwas oder überhaupt nicht gestört oder belästigt fühlen?**

äußerst

☐ 5

stark

☐ 4

mittel-  
mäßig

☐ 3

etwas

☐ 2

überhaupt  
nicht

☐ 1

**6.5 Als nächstes möchte ich Ihnen eine Liste von Erwartungen vorlegen, die andere Leute zum geplanten Ausbau des Flughafen geäußert haben. Ich möchte Sie bitten, mir jeweils zu sagen, inwieweit die jeweilige Erwartung auch für Sie zutrifft.**

**INT.: Vorlage 14 aushändigen**

trifft zu...	nicht	wenig	mittel- mäßig	ziem- lich	sehr
Der Ausbau des Flughafens fördert die Weiterentwicklung der Region.	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Der Flughafenaußbau und der Flugverkehr werden zu Schäden an der Natur führen.	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Nachbarschaftliche Bindungen werden gestört.	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Der Service-Bereich des Flughafens wird im Zuge des Ausbaus auch für Anwohner attraktiver.	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Durch den Flughafenaußbau wird es zu einer Wertminderung der Häuser und Grundstücke kommen.	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Wegen des Fluglärms nach dem Flughafenaußbau werde ich nicht mehr ruhig schlafen können.	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Die Tourismusbranche im Rhein-Main-Gebiet wird von der Erweiterung des Flughafens profitieren.	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Durch den Flughafenaußbau entstehen neue Arbeitsplätze in der Region.	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Nach dem Flughafenaußbau werde ich abends schlechter zur Ruhe kommen	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Nach dem Ausbau werde ich morgens häufiger vom Fluglärm geweckt werden.	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Der Fluglärm nach dem Ausbau wird einem den Aufenthalt im Garten, auf der Terrasse oder auf dem Balkon verleiden.	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Nach dem Ausbau werden mehr attraktive Reiseziele angefliegen.	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Nach dem Ausbau wird sich die allgemeine Lebensqualität verbessern.	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>

## 7 Soziodemographie/ Angaben zur Person

7.1 In welchem Jahr wurden Sie geboren? 19 \_\_\_\_\_

7.2 **INT.: Bitte Geschlecht der Person ohne Abfrage eintragen**

weiblich

☐ 1

männlich

☐ 2

7.3 Leben Sie allein oder mit einem festen Partner zusammen?

allein

☐ 1

mit Partner

☐ 2

7.4 Liegt bei Ihnen Schwerhörigkeit vor?

Ja

☐ 1

Nein

☐ 0

7.5 Wie viele Personen leben ständig in Ihrem Haushalt, Sie selbst mitgerechnet?  
Zählen Sie dabei bitte auch Kinder mit.

**INT.: Bitte in *jedem* Feld eine Angabe. Falls in einer Altersgruppe keine Personen im Haushalt leben, bitte Angabe des Wertes Null!**







insgesamt \_\_\_\_\_ Personen, davon

\_\_\_\_\_ unter 14 Jahre (Kinder)

\_\_\_\_\_ von 14 bis unter 18 Jahre alt (Jugendliche)      \_\_\_\_\_ über 18 Jahre alt (Erwachsene)

**7.6.1 Sind Sie derzeit ...****INT.: Alle Antwortvorgaben vorlesen**

... berufstätig	<input type="checkbox"/> 1	
... in Ausbildung / Schüler(in) / Student(in)	<input type="checkbox"/> 2	→ INT.: weiter mit Frage 7.7
... Ausübung mehrerer Tätigkeiten (Nebenjobs)	<input type="checkbox"/> 3	→ INT.: weiter mit Frage 7.7
... zur Zeit erwerbslos	<input type="checkbox"/> 4	seit _____ / _____ MM JJ → INT.: weiter mit Frage 7.6.3
... noch nie erwerbstätig gewesen	<input type="checkbox"/> 5	→ INT.: weiter mit Frage 7.7
... in Pension/Rente	<input type="checkbox"/> 6	seit _____ / _____ MM JJ → INT.: weiter mit Frage 7.6.3

**7.6.2 Fragen zur derzeitigen Tätigkeit****Wie lange üben Sie Ihre derzeitige Tätigkeit bereits aus?**Seit etwa  \_\_\_\_\_ Jahr(en) und  \_\_\_\_\_ Monat(en)**Wie lange sind Sie insgesamt erwerbstätig?**Seit etwa  \_\_\_\_\_ Jahr(en) und  \_\_\_\_\_ Monat(en)**Wie lange sind Sie bei Ihrem jetzigen Arbeitgeber beschäftigt?**Seit etwa  \_\_\_\_\_ Jahr(en) und  \_\_\_\_\_ Monat(en)**Und wie häufig haben Sie in den letzten 10 Jahren Ihren Arbeitgeber gewechselt?**Etwa  \_\_\_\_\_ Mal

**7.6.3 Welche berufliche Position nehmen Sie gegenwärtig ein (falls Sie arbeitslos bzw. berentet sind, geben Sie bitte Ihre letzte Position an)?**


<b>Arbeiter(in):</b>	<b>Angestellte(r) mit</b>	<b>Beamtin/Beamter</b>
ungelernte(r) .... <input type="checkbox"/> 1	einfacher Tätigkeit ..... <input type="checkbox"/> 6	im einfachen Dienst .. <input type="checkbox"/> 10
angelernte(r) ... <input type="checkbox"/> 2	schwieriger Tätigkeit ... <input type="checkbox"/> 7	im mittleren Dienst .... <input type="checkbox"/> 11
Facharbeiter(in) <input type="checkbox"/> 3	leitender Tätigkeit ..... <input type="checkbox"/> 8	im gehobenen Dienst <input type="checkbox"/> 12
Vorarbeiter(in) .. <input type="checkbox"/> 4	umfassender Tätigkeit <input type="checkbox"/> 9	im höheren Dienst .... <input type="checkbox"/> 13
Meister(in) ..... <input type="checkbox"/> 5	(z.B. Direktor, Geschäftsführer)	

**Selbständige(r):**



Selbständiger Landwirt ..... ☐ 14

Akademiker im freien Beruf ..... ☐ 15      Anzahl der

Selbständiger im Handel, Gewerbe, ☐ 16      Mitarbeiter  \_\_\_\_\_

Handwerk, Industrie, Dienstleistung ..

Mithelfende(r) im Familienbetrieb ..... ☐ 17

<b>7.7 Höchster erreichter Schulabschluss</b>	<b>7.8 Ausbildung</b>
Ohne Haupt-/Volksschulabschluss <input type="checkbox"/>	Keine abgeschlossene Ausbildung <input type="checkbox"/>
Haupt-/Volksschulabschluss <input type="checkbox"/>	Beruflich-betriebliche Ausbildung (Lehre) <input type="checkbox"/>
Realschulabschluss/Mittlere Reife <input type="checkbox"/>	Beruflich-schulische Ausbildung (Handelsschule/Berufsfachschule) <input type="checkbox"/>
Abschluss der Polytechnischen Oberschule <input type="checkbox"/>	Abschluss an Fachschule, Meister-, Technikerschule, Berufs- oder Fachakademie <input type="checkbox"/>
Fachhochschulreife <input type="checkbox"/>	Fachhochschulabschluss <input type="checkbox"/>
Allgemeine/fachgebundene Hochschulreife/Abitur <input type="checkbox"/>	Hochschulabschluss <input type="checkbox"/>
andere:  _____	andere:  _____

**7.9 Arbeiten Sie oder jemand aus ihrem Haushalt am Flughafen?**

Sie selbst  
☐ 1

jemand aus dem Haushalt  
☐ 2

Nein/Niemand  
☐ 0

**7.10 Wie häufig nutzen Sie den Frankfurter Flughafen für folgende Dinge?**

**INT.: Vorlage 15 aushändigen**

	nie	selten	gelegentlich	oft	sehr oft
Dienstreisen	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Urlaubsreisen	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Nutzung des Servicebereichs im Flughafen	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

**7.11 Bitte geben Sie Ihr monatlich verfügbares Familieneinkommen an (Familien-Nettoeinkommen; Summe der Gehälter, Löhne, Renten, usw. nach Abzug der Steuern). Bitte nennen Sie mir für Ihr Einkommen den zutreffenden Buchstaben auf der Vorlage.**

**INT.: Vorlage 16 aushändigen**

- |   |   |   |
|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> A<br>weniger als 500 €   | <input type="checkbox"/> D<br>1.500 € bis 2.000 € | <input type="checkbox"/> G<br>3.000 € bis 3.500 € |
| <input type="checkbox"/> B<br>500 € bis 1000 €    | <input type="checkbox"/> E<br>2.000 € bis 2.500 € | <input type="checkbox"/> H<br>über 3.500 €        |
| <input type="checkbox"/> C<br>1.000 € bis 1.500 € | <input type="checkbox"/> F<br>2.500 € bis 3.000 € | <input type="checkbox"/> keine Angabe             |
- Sind Sie Hauptverdiener des Haushalts? ja ☐ nein ☐ keine Angabe ☐

Vielen Dank für Ihre Teilnahme !!

**Nun habe ich abschließend eine Bitte an Sie. Wir führen im Anschluss an diese Befragungsstudie in den nächsten Monaten eine weitere Untersuchung zum Fluglärm durch. Dafür suchen wir Personen, die Interesse haben, über 3 Tage hinweg zu notieren, wie stark die Störungen durch den Fluglärm jeweils zu verschiedenen Tageszeiten sind. Wir würden uns freuen, wenn Sie bereit wären, an dieser Studie teilzunehmen.**

Haben Sie Interesse an einer Teilnahme?

Ja 1  
Nein 0

→ Infoblatt erklären; Teilnehmerblatt ausfüllen

## Interviewdaten

**Datum des Interviews:**

---

**Interviewer-Nr.:**

---

**Interviewer Nachname, Vorname**

---

**Hiermit versichere ich, daß ich das Interview mit der vorgesehenen Zielperson ordnungsgemäß durchgeführt habe.**

**Interviewer Unterschrift**

---



## **Anhang 2:**

**Noise Sensitivity Questionnaire (NoiSeQ), verwendet in der RDF-  
Vertiefungsstudie**



ID:

			.				-		
--	--	--	---	--	--	--	---	--	--

Interviewer-Nr.:

\_\_\_\_\_

**Forschungsvorhaben 2402 „Gesundheitliche Wohn- und Lebensbedingungen“  
- Vertiefungsstudie Fluglärm -**

## NoiSeQ

*Fragebogen zur allgemeinen  
Lärmempfindlichkeit*

**Datum:**

--	--	--	--	--	--

**Geschlecht:**


weiblich  
männlich

**Alter (Jahre):**


16-25  
26-35  
36-45  
46-55  
56-65  
66-75

**Haben Sie Probleme mit dem Hören?**


nein  
ja

---

### **Anleitung zum Ausfüllen**

Gehen Sie die folgenden 36 Aussagen bitte der Reihe nach durch und lassen Sie keine aus.

Versuchen Sie bitte, sich in die jeweilige Situation hineinzusetzen, und antworten Sie spontan ohne lange zu überlegen, ob Sie der Aussage im Allgemeinen zustimmen oder nicht.

Kreuzen Sie die Antwortmöglichkeit an, die Ihrer Meinung nach am besten auf Sie zutrifft.

Uns interessiert Ihre ganz persönliche Meinung zu den Aussagen, die wir Ihnen vorgeben.

Aus diesem Grunde gibt es auch keine richtigen oder falschen Antworten.

	stimmt genau	stimmt eher	stimmt eher nicht	stimmt gar nicht
1. Ich kann nicht richtig abschalten, wenn es laut um mich herum ist	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
2. Für anstrengende Arbeiten brauche ich äußerste Ruhe	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
3. Für eine ruhige Wohnlage nehme ich andere Nachteile in Kauf	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
4. Ich bin sehr empfindlich gegenüber Geräuschen aus meiner Nachbarschaft	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
5. Ich finde es sehr mühsam, sich bei Lärm zu unterhalten	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
6. Routineaufgaben kann ich in lauter Umgebung ohne Schwierigkeiten durchführen	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
7. Ich werde sehr unruhig, wenn ich beim Einschlafen jemanden reden höre	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
8. Wenn ich in eine Unterhaltung vertieft bin, fällt es mir nicht auf, ob es um mich herum laut ist	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
9. Ich kann einschlafen, obwohl es laut um mich herum ist	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
10. Meine Leistung wird durch eine große Geräuschkulisse stark beeinträchtigt	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
11. Nach der Arbeit kann ich mich bei lauter Musik gut entspannen	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
12. Ich kann mich im Restaurant schlecht auf meine Unterhaltung konzentrieren, wenn am Nebentisch laut gesprochen wird	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
13. Neue Aufgaben kann ich nur in leiser Umgebung bearbeiten	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
14. Wenn Personen um mich herum laut sind, komme ich mit meiner Arbeit nicht voran	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
15. Gesunder Schlaf ist für mich nur in absolut ruhiger Umgebung möglich	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
16. Schon beim leisesten Geräusch kann ich schlecht einschlafen	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
17. Ich bin geräuschempfindlich	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
18. Ich kann mich schnell an Lärm in meiner Wohnumgebung gewöhnen	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
19. Im Kino stört mich Flüstern und Rascheln von Papier	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
20. Ich bin der Ansicht, dass Musik ein Gespräch stört	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
21. Ich finde es sehr schwierig einem Gespräch zu folgen, wenn nebenbei das Radio läuft	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
22. Wenn es an meinem Arbeitsplatz laut ist, dann versuche ich immer Abhilfe für mich zu schaffen	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0

	stimmt genau	stimmt eher	stimmt eher nicht	stimmt gar nicht
23. Ich finde, dass beim Tanzen die Musik so laut sein darf, wie sie will	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
24. Es würde mir nichts ausmachen, an einer lauten Straße zu wohnen	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
25. Wenn fremde Kinder laut sind, sollten sie nicht unbedingt vor meiner Wohnung spielen	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
26. Am Wochenende bevorzuge ich eine ruhige Umgebung	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
27. Wenn es nachts laut ist, bin ich morgens unausgeschlafen	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
28. Ich finde es unangenehm, wenn Zuhause das Radio im Hintergrund läuft	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
29. Bei lauter Musik in einem Lokal stelle ich die Unterhaltung ein	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
30. Kompliziertere Arbeiten kann ich mit Hintergrundmusik problemlos ausführen	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
31. Ich wache beim geringsten Geräusch auf	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
32. Ich vermeide Freizeitveranstaltungen, wenn es dort laut ist	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
33. Laute Freizeitaktivitäten mag ich in meinem Wohngebiet nicht	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
34. Es würde mich stören, die Alltagsgeräusche meiner Nachbarn (z.B. Schritte, Wasserrauschen) zu hören	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
35. Das laute Donnern eines Gewitters kann mich nicht aus dem Schlaf holen	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
36. Wenn es um mich herum laut ist, verliere ich schnell den Gesprächsfaden	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0

*Vielen Dank !*



verheiratet, 1 Tochter

05/1985 Allgemeine Hochschulreife am Theodor-Heuss-Gymnasium, Hagen

08/1985 – 02/1988      Berufsausbildung zum Bankkaufmann bei der Volksbank Hagen eG,  
Hagen, Prüfung vor der SIHK zu Hagen, 21.01.1988

03/1988 – 10/1989      Zivildienst bei der Lebenshilfe Ennepe-Ruhr/Hagen E. V.,  
Wohnstätte "Haus der Lebenshilfe", Hagen-Rummenohl

10/1989 – 10/1995	Diplom-Studium der Psychologie an der Ruhr-Universität Bochum
Schwerpunktfächer:	Psychologische Intervention, Umweltpsychologie, Kognitionspsychologie, Sozialpsychologie
Nicht-psychologisches Fach:	Arbeitswissenschaft
Titel der Diplomarbeit:	"Einfluß der Ausschilderung und Gestaltung von Fahrradstraßen auf das Verkehrsverhalten von Autofahrenden"
Abschluss:	Diplom (Gesamturteil: "mit Auszeichnung")

01/1996 – 08/1998    ZEUS GmbH, Zentrum für angewandte Psychologie, Umwelt- und Sozialforschung, Bochum

(bis 03/1996 unter der Bezeichnung der Vorläuferorganisation ECoR – Ecological Consulting & Research e.V.)

# Wissenschaftliche Projektbearbeitung

Aufgaben: Bearbeitung von empirischen Studien in den Themenfeldern Lärmwirkung, Kundenzufriedenheit und Dienstleistungsqualität im ÖPNV, Verkehrssicherheit, Akzeptanz von Technologien

- seit 09/1998      ZEUS GmbH, Zentrum für angewandte Psychologie, Umwelt- und Sozialforschung, Bochum  
Geschäftsführer  
Aufgaben: Geschäftsführung, Leitung von Forschungs- und Beratungsprojekten.  
Themen: s.o.
- 10/2006 – 02/2008      IfADo - Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund, Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich "Chronobiologie" und "Physikalische Einwirkungen", Prof. Dr. Barbara Griefahn  
Aufgaben: Planung, Organisation und Leitung laborexperimenteller Untersuchungen und Feldstudien zur Wirkung von Lärm; Entwicklung neuer Methoden, Analyse- und Bewertungsverfahren
- seit 02/2008      SCR - Schreckenber Consulting & Research, Hagen (Inhaber)  
Aufgaben: Durchführung sozial- und verhaltenswissenschaftlicher Beratungsprojekte, Gutachten im Umwelt- und Verkehrsbereich
- seit 03/2008      ZEUS GmbH, Zentrum für angewandte Psychologie, Umwelt- und Sozialforschung (Firmensitzwechsel nach Hagen),  
Fortführung Tätigkeit als Geschäftsführender Gesellschafter  
Aufgaben: Geschäftsführung, Leitung von Forschungs- und Beratungsprojekten zur Lärmwirkung und zu den Themenfeldern Öffentlicher Nahverkehr, Verkehrssicherheit, Suchtprävention

### **Doktorarbeit**

- 2016 – 2018      Doktorand an der Technischen Universität Darmstadt, Fachbereich Humanwissenschaften, Darmstadt  
  
Titel der Dissertation: "Fluglärm, Belästigung und Lebensqualität – Feldstudie (Querschnittsstudie) zum Einfluss von Fluglärm auf die Lärmbelästigung und Lebensqualität von Flughafenanrainern"



## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich gemäß § 9, Abs.1 der Promotionsordnung der Technischen Universität Darmstadt vom 12. Januar 1990 (in der Fassung der 8. Novelle vom 21.12.2017) die vorliegende Dissertationsschrift selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe. Die Stellen, die anderen Werken im Wortlaut oder dem Sinne nach entnommen sind, habe ich mit Quellenangaben eindeutig als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Hagen, den 7. Dezember 2018

---

Dipl.-Psych. Dirk Schreckenberger